Organizador
Edilson Antonio Catapan

CONHECIMENTOS LIGADOS ÀS TECNOLOGIAS NAS **CIÊNCIAS EXATAS**

Vol. 01

São José dos Pinhais
BRAZILIAN JOURNALS PUBLICAÇÕES DE PERIÓDICOS E EDITORA
2021

Edilson Antonio Catapan
(Organizador)

Conhecimentos ligados às tecnologias nas ciências exatas

Vol. 01

Brazilian Journals Editora
2021

2021 by Brazilian Journals Editora
Copyright © Brazilian Journals Editora
Copyright do Texto © 2021 Os Autores
Copyright da Edição © 2021 Brazilian Journals Editora
Editora Executiva: Barbara Luzia Sartor Bonfim Catapan
Diagramação: Aline Barboza Coelli
Edição de Arte: Aline Barboza Coelli
Revisão: Os Autores

Conselho Editorial:

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C357c Catapan, Edilson Antonio

Conhecimentos ligados às tecnologias nas ciências exatas / Edilson Antonio Catapan. São José dos Pinhais: Editora Brazilian Journals, 2021.
325 p.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui: Bibliografia
ISBN: 978-65-86230-78-9.

1. Ciências Exatas. 2. Energia. I. Catapan, Edilson Antonio II. Título

Brazilian Journals Editora
São José dos Pinhais – Paraná – Brasil
www.brazilianjournals.com.br
editora@brazilianjournals.com.br

Ano 2021

APRESENTAÇÃO

A obra intitulada “Conhecimentos ligados às tecnologias nas ciências exatas”, publicada pela Brazilian Journals Publicações de Periódicos e Editora, apresentam um conjunto de vinte e dois capítulos que visam abordar assuntos ligados à área das ciências exatas como um todo. A seguir são apresentados os estudos que compõem os capítulos deste livro.

Logo, os artigos apresentados neste volume abordam: uso do tetrahidrofurano (THF) como solvente na síntese de mulita por sol gel: método da regressão linear múltipla aplicado na calibração de sensores Inerciais; o estudo da substituição parcial da areia por agregados de espumas rígidas de poliuretano expandido no concreto sem função estrutural; análise comparativa de fervura em recipiente metálico e recipiente vítreo; reuso de efluentes tratados para fins de operação de torres de resfriamento; a situação da formação em engenharia de energia: uma política pública para o setor energético brasileiro, entre outros.

Dessa forma, agradecemos aos autores por todo esforço e dedicação que contribuíram para a construção dessa obra, e esperamos que este livro possa colaborar para a discussão e entendimento de temas relevantes para a área das ciências exatas, orientando docentes, estudantes, gestores e pesquisadores à reflexão sobre os assuntos aqui apresentados.

Edilson Antonio Catapan

SUMÁRIO

CAPÍTULO 01

CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS E A AVALIAÇÃO DE RISCO TOXICOLÓGICO EM POSTOS DE COMBUSTÍVEIS

Gabriel Cassemiro Mariano
Doutor em Engenharia Química
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR, Brasil
E-mail: gabrielmariano@utfpr.edu.br

Romerio Teixeira Ribeiro
Graduando em Engenharia Química
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR, Brasil
E-mail: romerior@alunos.utfpr.edu.br

Heitor de Assis Cassemiro
Engenheiro Químico
AMBRATEC Geologia e Engenharia
Endereço: Av. Raja Gabáglia, 4453, Belo Horizonte – MG, Brasil
E-mail: heitor@ambratec.com.br

Rafael Cassemiro Mariano
Geólogo
AMBRATEC Geologia e Engenharia
Endereço: Av. Raja Gabáglia, 4453, Belo Horizonte – MG, Brasil
E-mail: rafaelmariano@ambratec.com.br

ABSTRACT: Gas stations are businesses with a potential risk of contamination. The environmental investigation study is a widely used tool for identifying signs of contamination in soil and ground water. When a contaminationis identified, a toxicological risk assessment study is requested, which makes it possible to assess the levels of environmental toxicity. The objective of this work is prospect the RBCA methodrisk analysis, identifythe position of the environmental agency regarding the management a toxicological studies, understand the socio-environmental perception in areaswith contaminated soiland ground water. This study was divided into three stages, a field study, a comparative study of the results of cases and socio-environmental analysis. Technical procedures for field investigation and data processing were carried to elaborate detailed environmental studies and toxicological risk assessment. The interest wasto prospect methods and approach the reality of the field to promote technological development. From a questionnaire, public opinion was obtained to observe conflicts motivated by soiland ground water contamination. The set of techniques used for toxicological risk analysis has solids cientific foundations and are in constant technological improvement. By analyzing 41 protocolized toxicological risk analysis studies, it was observed that the environmental agencies fulfilled the function of evaluating and issuing a technical opinion foralle studies. Owners do not declare the real situation of the environment, increasing the risk of toxi city. Transparency about information, for example, fixing all usive platesisso important

and follows the common actions for engineering activities, mitigating conflicts, favoring the effective solution for problem.

KEYWORDS: Contamination, Toxicological Risk, Gas Station, socio-environmental.

RESUMO: Postos de combustíveis são empreendimentos com potencial risco de contaminação. O estudo de investigação de passivo ambiental é uma ferramenta amplamente utilizada para identificação de indícios de contaminação no solo e águas subterrâneas. Quando identificada uma contaminação é solicitado o estudo de avaliação de risco toxicológico que possibilita avaliar os níveis de toxicidade do meio. O objetivo desse trabalho é prospectar o método *RBCA* de avaliação de risco, identificar o posicionamento do órgão ambiental quanto ao gerenciamento de estudos toxicológicos, compreender a percepção socioambiental quanto a áreas com solos e águas subterrâneas contaminadas. O estudo foi dividido em três etapas, estudo de campo, estudo comparativo dos resultados de *cases* e avaliação socioambiental. Foram realizados procedimentos técnicos de investigação decampo e tratamento dos dados para realização dos estudos de passivo ambiental detalhada e avaliação de risco toxicológico. O interesse foi prospectar métodos e aproximar tecnicamente da realidade do campo para promover desenvolvimento tecnológico. A partir de um questionário foi feito levantamento da opinião pública para observação de conflitos motivados por contaminação de solos e águas subterrâneas. O conjunto de técnica utilizadas para análise de risco toxicológico tem fundamentos científicos sólidos e estão em constante aprimoração tecnológica. Por análise de 41 estudos de avaliação de risco toxicológico protocolizados foi observado que os órgãos ambientais cumpriram a função de avaliar e emitir parecer técnico para todos os estudos avaliados. Proprietários procuram esconder a real situação do meio aumentando o risco de toxicidade. A transparência na informação com exemplo de fixação de placas alusivas é de fundamental importância e segue os preceitos comuns para atividades de engenharia, amenizando conflitos, favorecendo a solução efetiva do problema.

PALAVRAS-CHAVE: Contaminação, Risco Toxicológico, Posto de Combustível, socioambiental.

1. INTRODUÇÃO

Aterros sanitários e postos de combustíveis são empreendimentos com potencial risco de contaminação, solos e águas subterrâneas são receptores primários e secundários, respectivamente, no caso de acidentes ambientais. Para regulamentação e controle, o poder público determinou que o funcionamento desses empreendimentos está condicionado a necessidade de licença ambiental de operação e sistemas de monitoramento da qualidade do solo, águas subterrâneas e efluentes. Uma licença ambiental só é obtida quando o proprietário do empreendimento apresenta estudos ambientais atestando a qualidade do meio. O órgão ambiental competente realiza a avaliação dos estudos, emite parecer técnico e licença. Durante o tempo que vigorar a licença, o mesmo atua na fiscalização podendo solicitar novos estudos para esclarecer a situação ambiental do *site*.

Em casos de solos e águas subterrâneas contaminadas uma única abordagem de engenharia pode não ser suficiente para solucionar um problema (MARIANO 2015). Para caracterização ou remediação de uma área contaminada é necessária integração de diferentes técnicas de engenharia. No caso de postos de combustíveis os estudos para avaliar a qualidade ambiental do meio são, investigação de passivo ambiental e avaliação de risco toxicológico. O estudo de investigação de passivo ambiental é realizado para identificar indícios, confirmar e caracterizar possíveis concentrações de contaminantes. Uma vez identificada contaminação é solicitado o estudo de avaliação de risco toxicológico que sugere limites de concentrações específicas de acordo com características intrínsecas do *site* (JOUSSEF *et al*, 2013). Uma vez o resultado do estudo sendo risco de intoxicação, faz-se necessário a definição de projeto de remediação e intervenção com medidas para recuperação da qualidade ambiental do meio. Para realização desses estudos é feita investigação com coleta de dados em campo para amostragens e análises laboratoriais. Os dados obtidos são tratados por métodos de engenharia com auxílio de ferramentas como softwares de modelagem matemática.

Observando o desenvolvimento tecnológico atual é possível afirmar que existem tecnologias que, quando bem implementadas, são capazes de controlar e reduzir concentrações de compostos tóxicos e impulsionar a recuperação da área. Grande parte da sociedade desconhece tecnologias com foco de recuperação

ambiental, tal condição favorece incertezas quanto a possibilidade de recuperação de uma área. Do ponto de vista administrativo, quando uma contaminação ambiental é percebida, ela pode ser motivadora de conflitos socioambientais (FINAMORE, 2010; SOARES e SANTOS *et al.,* 2017). O presente estudo busca prospectar métodos de avaliação de risco toxicológico, identificar o posicionamento do órgão ambiental quanto ao gerenciamento de estudos de toxicologia, além de compreender a percepção socioambiental à cerca de contaminações de solo e águas subterrâneas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A realização dessa pesquisa contou com três etapas, sendo, investigação ambiental e estudo de campo, estudo comparativo de *cases* de avaliação de risco toxicológico, avaliação socioambiental com base em opinião pública. Na primeira etapa, estudo de campo, foram realizados procedimentos técnicos de amostra geme tratamento dos dados compondo um estudo de investigação de passivo ambiental detalhada e avaliação de risco toxicológico. O interesse foi prospectar e aproximar-se da realidade dos métodos de trabalho possibilitando a percepção para desenvolvimento tecnológico meio a atividade de engenharia proposta.

Avaliação de risco toxicológico é definida na norma da *American Society for Testingand Materials*- ASTM 1739-95 (ASTM 1995), os princípios são baseados na relação entre característica intrínseca da área, tipo e ciclo dos contaminantes. É utilizado um modelo matemático de tratamento de sinais e equações de transporte, uma solução numérica representando concentrações químicas individuais para cada substância contaminante de interesse é o resultado final. A avaliação de risco toxicológico considera que para haver risco é necessária existência de composto tóxico em concentrações elevadas, mecanismo de transporte que leve o composto tóxico até o receptor e risco efetivo de ingresso dos compostos químicos em doses tóxicas no organismo do receptor (CETESB 2001a, CETESB 2004, BARROS 2009).

Para realização do estudo foi utilizada a ferramenta computacional do *Risk Based Corrective Analysis-RBCA Tool Kit for Chemical Releases versão 2.01. (Ground water Services, Inc., 1998).* Para prospecção e análise de resultados foram feitos dois *cases*. O primeiro *case* foi realizado em janeiro de 2012, o *site* é no estado de Santa Catarina e resultou em risco toxicológico, esse *case* foi nomeado de JAN12.

O segundo *case* foi realizado em maio de 2020, o *site* é no estado do Paraná e não resultou em risco toxicológico, esse *case* foi nomeado de MAI20. Para amostragens e procedimentos técnicos foram observadas instruções da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da CETESB e legislações aplicáveis. Como ferramentas para cálculo de dados complementares implementados no modelo foram utilizados *softwares Surfer* versão 4.50.0022007 e Aqtesolv, versões livres.

A segunda etapa, estudo comparativo de *cases* de avaliação de risco toxicológico, consistiu na avaliação de 41 estudos de risco toxicológico. Os estudos foram obtidos da base de dados de uma consultoria de âmbito nacional. Foram consideradas avaliações de risco realizadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Bahia. Foram elencados estudos realizados em postos de combustíveis que não estavam em processo de remoção de fase livre ou remediação. Foram observados resultados de toxicologia, identificados conflitos socioambientais e o acompanhamento do processo por parte órgão ambiental competente.

A terceira etapa, avaliação socioambiental com base em opinião pública, contou com levantamento da opinião pública quanto aos princípios de pensamento em conflitos motivados por contaminação de solos e águas subterrâneas. O interesse foi compreender se as medidas de gerenciamento de áreas contaminadas e fiscalização atendem a expectativa da sociedade, quanto a sensação de proteção e segurança ambiental. Por meio de aplicativo de comunicação whats app foi feito levantamento de opinião pública. Por questionário de múltipla escolha foram abordadas 283 pessoas. Foram excluídas pessoas que demonstraram algum conhecimento técnico na área ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DO ESTUDO DE CAMPO

As avaliações de risco toxicológico realizadas foram nomeadas como JAN12 e MAI20. Em ambos estudos foram avaliados cenários hipotéticos e reais para o *site* e entorno do empreendimento. Foram levantadas características químicas e físicas das áreas e implementados valores em *softwares* de engenharia para tratamento dos

dados. No Quadro 1 são apresentados dados de caracterização física e química das áreas de estudo.

Quadro 1 – Dados de caracterização física e química da área de estudo.

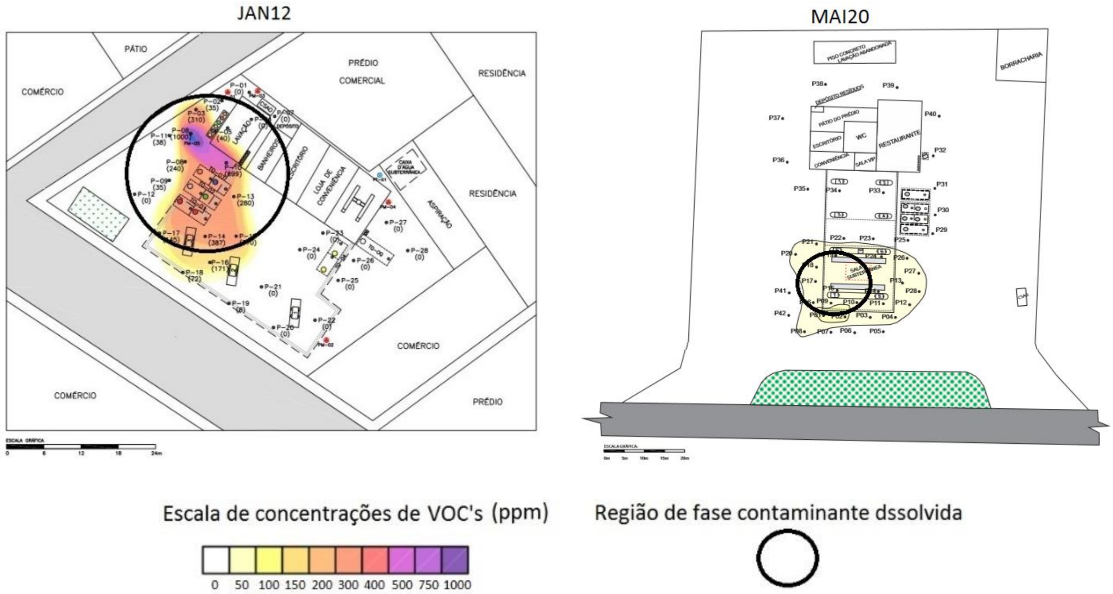
Rótulo de dados coletados para caracterização	Dados obtidos	
	JAN12	MAI20
Etapa de Investigação de Passivo Ambiental:		
Explosividade	0 %	0 %
Distância até corpo de água superficial	240 m	270 m
Presença de pluma de vapores	300 m²	706 m²
Profundidade média do lençol freático	1,26 m	2,87 m
Tipo de solo [1]	Arenoso	Argiloso
Matéria orgânica	0,24 %	1,2 %
Condutividade hidráulica [2]	$1{,}28 \times 10^{-4}$ cm/s	$8{,}308 \times 10^{-4}$ cm/s
Porosidade Total	32,24	47,40
Porosidade efetiva	0,184	6,90
Gradiente hidráulico	2,64 %	1,24 %
Velocidade de escoamento de água subterrânea	580m/ano	47 m/ano
Área contaminada com fase dissolvida	615 m²	254 m²
Tipo de Zoneamento urbano	Área mista	Área mista
Amostras de água acima do limite da legislação[3]	83,3 %	25 %
Amostras de solo acima do limite da legislação[3]	0 %	0 %
Etapa de Análise de Risco a Saúde Humana:		
Rota de exposição on-site	Sim	Sim
Rota de exposição off-site	Sim	Sim
Espaço confinado mais próximo	15 m	29 m
Presença de receptores residenciais	Sim: 100 m	Não
Presença de receptores comerciais	Sim:15 m	Sim: 29m

[1] Sistema de Classificação de solos USDA.
[2] *bailtest* (Freeze & Cherry, 1979), método de solução (Bower & Rice 1976).
[3] *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection Of Environmental And Human Health – Summary Tables, Update* 2002; Lista Holandesa de valores de qualidade do solo e de água subterrânea – valores de intervenção; Resolução CONAMA 420/09; TPH: para Solo = 1000mg/kg; para água =600 ug/L – CETESB (2006).

Os dados coletados na fase de investigação de passivo ambiental indicaram presença de contaminantes acima dos limites máximos permitidos pela legislação nos dois *cases* realizados. As plumas de contaminantes identificadas em cada área são ilustradas na Figura 1, JAN12 e MAI20. A área da pluma de isso concentração de vapores de compostos orgânicos voláteis -COV retida nos poros do solo, zona vadosa, é apresentada em escala de cores. A menor concentração medida é indicada pela cor branca e maior em cor roxa. A medida das concentrações foi realizada com auxílio de cromatógrafo de mão equipado com sensor PID e aferido com unidade de

partículas por milhão. Os valores foram obtidos por campanha de amostragem de COV com malha regular contendo adensamento em pontos onde verificadas concentrações. Ainda na Figura 1, em linha preta grossa, estão indicadas apluma de fase dissolvida de compostos derivados de petróleo contaminantes meio as águas subterrâneas.

Figura 1 – Estimativa da pluma de fase dissolvida de compostos derivados de petróleo em águas subterrâneas para estudos JAN12 e MAI20.



As plumas de contaminantes foram definidas por tratamento estatístico a partir dos resultados de análises químicas dos compostos de interesse. A análise química da água subterrânea e solo foram obtidos porcromatografia gasosa para componentes Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno - BTEX, P*olycyclic Aromatic Hydrocarbons*- HPA e *Total Petroleum Hydrocarbon*- TPH *finger print*. O TPH *finger print* possibilitou identificar a faixa que o composto químico eludiu, sendo gasolina para contaminação em JAN12 e diesel para MAI20. Conforme resultados das análises químicas e comparação com legislação vigente, no Quadro 2 são indicados os valores de concentrações de compostos derivados de petróleo acima dos limites máximos permitidos.

Quadro 2 – Valores de concentrações acima dos limites máximos permitido identificados nas áreas de estudo.

Compostos Identificados	JAN12	MAI20
Água Subterânea: Benzeno Tolueno Etilbenzeno Xileno TPH TOTAL TPH *finger print* Solo:	147,00 µg/L 1139,83 µg/L 1640,67 µg/L 704,65 µg/L - Gasolina -	- - - - 5253 µg/L Diesel -

Uma vez levantados dados suficientes para uma caracterização detalhada de cada *site*, foram elaborados modelos conceituais. Para elaboração foram observados possíveis cenários de uso atual e futuro da área, fatores de exposição *on site*, *off site,* e possíveis forma de ingresso dos contaminantes e receptores. Foram considerados cenários reais e hipotéticos. No *software Risk Based Corrective Analysis- RBCA Tool Kit for Chemical Releases versão 2.01. (Ground water Services, Inc., 1998)* foram implementados valores numéricos, e por tratamento de sinais e soluções de equações de transporte, foram obtidos limites máximos de concentrações toleráveis conforme dados implementados.

Uma vez conhecidos limites máximos pra cada *site*, foi realizada comparação amplados resultados. Foi verificado que para o *case* JAN12 havia condição de risco toxicológico. Fatores relacionados a mobilidade da pluma de componentes químicos, presença de grande circulação de pessoas no local e vias de ingresso pelo uso das águas subterrâneas foram fundamentais na definição de risco. Já para o *case* MAI20 não foi verificada condição de risco toxicológico. Para MAI20 foi identificado que as concentrações químicas estavam acima do limite permitido, sendo a área considerada impactada por derivados de petróleo, Diesel. Entretanto, a partir dos dados de caracterização intrínseca do *site*, a contaminação existente não oferece risco toxicológico. Foi observado que as condições para caracterização de risco toxicológico não se cumpriam devido a baixa potencial forma de ingresso e ausência de receptores. Conforme legislação ambiental e orientações para gerenciamento de área contaminada, nessa condição não há necessidade de remediação da área. É

orientado proceder com estudos de monitoramento até que as concentrações fiquem abaixo do limite máximo permitido pela legislação.

Para postos de combustíveis a avaliação de risco toxicológico é de grande valia técnica. Com a modelagem realizada foi possível estabelecer limites de concentrações para qualidade ambiental conforme características intrínsecas do *site*. Um princípio básico de modelagem matemática é que o modelo computacional represente o comportamento e dê valores próximos do obtido experimentalmente. Um modelo computacional confiável deve ser capaz estimar o processo respeitando os limites do experimental ou real (BAPTISTA *et al*., 2009; MALISKA, 2004). Um profissional não deve assumir o resultado de um modelo matemático de forma incontestável a ponto de desconsiderar o dado real obtido experimentalmente. O estudo de avaliação de risco toxicológico a saúde humana, pelo método *RBCA* não pode ser considerado como único balizador para definir ações de gerenciamento de uma área contaminada. Uma observação detalhada dos procedimentos técnicos realizados pelo engenheiro responsável, assim como uma avaliação em campo da condição do *site*, é de grande representatividade para tomada de uma decisão assertiva quanto ao gerenciamento ambiental feito pelos profissionais do órgão ambiental de controle. Devem ser observadas considerações que podem ser irreais fisicamente, existência de valores exacerbados ou suspeitas de contaminações cruzadas. Se confirmadas tais situações é sugerido que a área seja reavaliada.

3.2 ESTUDO COMPARATIVO DE *CASES*

Considerando a base de dados contendo41 estudos de avaliação de risco toxicológico disponibilizados, foi feita avaliação quanto as medidas de gerenciamento tomadas pelo órgão ambiental competente. Os estudos de avaliação de risco toxicológico seguiram método *RBCA* e aconteceram entre 2014 e 2020. Os mesmos foram obtidos de uma consultoria de nível nacional e foram realizados nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Bahia. Foi feita avaliação de cada estudo, os fatores representativos foram o indicativo de risco toxicológico, fase livre sobrenadante, tempo de contaminação e exposição social do empreendimento que apresenta contaminação. No Quadro 3 é possível verificar dados obtidos da avaliação dos estudos.

Quadro 3 – Dados obtidos da avaliação dos estudos.

Fatores representativos na avaliação dos estudos	Quantidade
Total de estudos avaliados	41
Total de estudos descartados da avaliação	4
Resposta de estudos indicando risco toxicológico	17
Estudos realizados após remoção de fase livre	15
Áreas contaminadas a mais de três anos	31
Empreendimento com exposição social	7
Empreendimento que tomaram medidas efetivas de intervenção com remediação da área após verificado risco toxicológico	8

Por análise dos dados foi possível perceber que 46,0 % dos estudos realizados indicaram risco toxicológico. Havia presença de composto tóxico em concentrações suficientes, vias de exposição, mecanismo de transporte e receptor exposto ao contaminante. Foi possível observar que 40,5 % dos estudos foram realizados após remoção de fase livre sobrenadante e 59,5 % apresentavam histórico de contaminação somente com presença de fase dissolvida. Para os 15 estudos realizados após remoção da fase livre, foi observado que 94,3 % apresentaram risco toxicológico. Para *cases* onde verificada somente presença de fase dissolvida, 13,6 % dos estudos indicaram condição de risco toxicológico.

Quando a observação sobre o tempo da existência de contaminação, foi identificado que proprietários de 31 *sites* já tinham conhecimento do problema a mais de três anos. Para contaminações ocorridas a menos três anos, foi observado que 83,3 % realizaram remoção de fase livre. Para empreendimentos contaminados onde nunca foi detectada fase livre 63,7 % precisaram ser intimados pelo órgão ambiental para realização de avaliação de risco toxicológico. Dos cases que ofereceram risco toxicológico foi possível identificar que aproximadamente 47,05 % estavam em processo de remediação, 52,94 % não haviam iniciado esse processo. Ainda quanto as medidas de gerenciamento e controle dos órgãos ambientais, foi constatado que 100 % dos empreendimentos onde verificada fase livre realizaram a atividade de extração do óleo sobrenadante.

Uma observação dos estudos sugere que a eficiência de resposta de análise de risco toxicológico protocolizados no órgão ambiental é de 100 %, ou seja, todos os estudos recebem devida atenção técnica. Já as recomendações feias pelos engenheiros responsáveis, 47,0 % apresentaram concordância do órgão ambiental. A não concordância com os dados apresentados pode ser motivada pelo conhecimento do histórico e envolvimentos ambientais do empreendimento, ou mesmo falta de

confiabilidade no estudo. Seja devido à falta de elementos técnicos suficientes, métodos ou equipamentos utilizados, ou mesmo redação e formatação adequada do documento.

3.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO SOCIOAMBIENTAL

A avaliação foi realizada para compreender possíveis fatores motivadores de conflitos socio ambientai sem busca de sugestão de processo ou procedimento capaz de mediar ou evitar o surgimento desses conflitos. A atividade contou com questionário para coleta da opinião pública. Dentre participantes estão pessoas de diferentes níveis socioeconômicos residentes nos estados do Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, São Paulo, Distrito Federal e Pernambuco. O questionário e respostas foram enviadas de forma aleatória, via aplicativo de comunicação, sem aviso prévio. Foram atingidas283 pessoas e obtida taxa de resposta de 72,79 %, foram validadas 193 respostas. O resultado do questionário de pensamento social é apresentado no Quadro 4. A primeira questão foi implementada de forma seletiva sendo para resposta, a- sim, fator de desqualificação do participante. A desqualificação objetivou evitar tendências de respostas orientadas por conhecimento técnico ou de legislação ambiental por parte do participante. Pela resposta da segunda questão foi coletado o princípio do pensamento socioambiental do indivíduo.

Quadro 4 – Resultado do questionário de pensamento socioambiental

Questionário para avaliação do pensamento social	%	
	a	b
1 – Você tem conhecimento técnico sobre intoxicação proveniente de químicos contaminantes ambientais? a - simb - não	3,4	96,6
2 – Imagine um derramamento de combustíveis no solo de um posto de combustíveis. O combustível foi adsorvido pelo solo e continua escorrendo até atingir o lençol freático - água subterrânea. Você pensa que o responsável pelo posto de combustível deve realizar “limpeza” do solo imediatamente ou que depende de quanto foi a contaminação para que ele deva realizar a “limpeza” do solo? a - Limpeza urgenteb - Depende de quanto contaminou	0,5	99,5

Para segunda questão os dados indicam que 99,5 % dos participantes validados responderam, a-Limpeza Urgente. É possível perceber que se trata de uma

resposta baseada nos princípios elementares de educação, onde, de forma análoga a vivência familiar orientada em respeito, espera-se que o mentor do desastre o corrija. Até mesmo, extrapolando, por pensamento de justiça subjetivo ao respeito entre pares, e moralidade, o pensamento norteador do grupo entrevistado é de responsabilidade “Se contaminou, descontamine”.

Contrário ao pensamento norteador, quando analisados resultados de estudos de avaliação de risco toxicológico, principalmente em áreas com presença de fase dissolvida, é possível perceber conflito por interesse econômico por parte do empreendedor. A exemplo do MAI20, *cases* de contaminação do solo e água subterrânea são tidas como toleráveis. Tal situação pode gerar sentimento social de insegurança, desconfiança da real toxicidade do meio, provocando conflitos socioambientais. No âmbito de tecnologias químicas, biotecnológicas e geoquímicas uma área que não oferece risco toxicológico pode ser monitorada para recuperação por atenuação natural, momentânea mente a área não oferece risco de intoxicação, entretanto os prejuízos socioambientais são irreparáveis (SOARES E SANTOS *et al*., 2017).

Conforme avaliado foi possível verificar que o papel do órgão ambiental é baseado em orientações gerais para regulamentação e monitoramento, além da fiscalização do *site*. Assim, medidas de transparência tomadas em conjunto com empreendedor podem ser de grande valia. Dentre os procedimentos de licenciamento ambiental é exigida publicação em jornal de grande circulação, essa publicação tem objetivo de informar a sociedade o licenciamento de uma atividade potencialmente poluidora. Nessa ótica, de informação, a exemplo das obras de engenharia civil, uma vez verificado risco toxicológico, é sugerida a implementação de medidas de informação desse risco para sociedade. O uso de fixação de placas alusivas contendo dados do profissional responsável, título do problema, método utilizado e cronograma de excussão podem ser ferramentas de baixo custo. É sugerido que se o empreendedor tome medidas baseadas no princípio de responsabilidade. Dessa forma haverá uma ação de preservação da saúde pública gerando sensação de segurança e prevenido conflitos socioambientais. Assim, ainda que de forma subjetiva, a transparência dada pela ferramenta, placa alusiva, está em consonância com métodos de engenharia, princípios sociais de responsabilidade, respeito e educação, atendendo aos interesses da sociedade.

4. CONCLUSÃO

A avaliação de risco toxicológico é de grande valia técnica, a partir da modelagem realizada é possível identificar limites de concentrações conforme características intrínsecas do *site*. O conjunto de técnica e ferramentas utilizadas tem princípios científicos sólidos e estão em constante aprimoramento tecnológico.

Por análise de 41 estudos de avaliação de risco toxicológico foi observado que órgãos ambientais de diferentes regiões do país cumpriram a função de avaliar e emitir parecer técnico para 100 % dos estudos protocolizados.

No âmbito de contaminações de solos e águas subterrâneas existe relação de desconfiança. Proprietários procuram esconder a real situação do meio, aumentando o risco de toxicidade. Como resultado do presente trabalho foi possível identificar que ações conjuntas do órgão ambiental e proprietário do empreendimento são importantes para evitar conflitos socioambientais.

Foi possível perceber que identificado risco toxicológico é necessário um profissional com responsabilidade técnica sobre a atividade. Com essas considerações, transparência na informação, com exemplo de fixação de placas alusivas, é de fundamental importância e segue os preceitos comuns de responsabilidade atendendo aos anseios da sociedade que identificam uma contaminação entorno.

REFERÊNCIAS

ASTM – American Society for Testingadn Materials - E1739- 95. Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petrole um Release Sites. Philadelphia: ASTM Inter., 1995. 52 p

Baptista, R. M. ; Machado, R. A. F. ; Quadri, M. B. ; Bolzan, A. ; Nogueira, A. L. ; Lopes, T. J.. New Developments for the Description of Oil Leakages by Advective Migration From Submarine Pipelines. J.of Pressure Vessel Technology, v. 131, p. 031701-1-031701-8, 2009.

Barros, D. Utilização da metodologia RBCA em atividades de revenda de combustíveis – Estudo de caso no município do Rio de Janeiro. 132 p. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Ações Corretivas Baseadas em Risco (ACBR) Aplicadas a Áreas Contaminadas com Hidrocarbonetos de Petróleo e Outros Combustíveis Líquidos – Relatório Final Documento técnico Cetesb, 59 p., São Paulo, SP, 2004.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. Programa CETESB/GTZ. São Paulo, 2001.
Finamore, R. Contaminação do solo e conflitos: o caso da empresa Centres. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 4, n. 3, p. 119-135, 2010.

JOUSSEF, K. L.; NUNES, C.C.; PONTEDEIRO, E.M.; ROSARIO, M.; CORSEUIL, H. X. Influência da taxa de dose potencial variável em áreas contaminadas no cálculo do risco à saúde humana. Águas Subterrâneas, v. 27, p. 101-110, 2013.

Mariano, G. C.. Modelagem da intrusão da água de um rio com diferentes concentrações de sais. Revista Basileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (impresso), v. 19, p. 45-51, 2015.

Maliska, C. R., Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional. Ed. LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, 2004.

Soares, R.; Santos, M. C. B.; Maddock, J. E. L.; Machado, W. T. V.; Bertolino, L. C.; Campos, D. V. B.; Freire, A. S.; Santelli, R. E. Avaliação do Risco Ambiental e Comportamento Geoquímico de Metais em Área Impactada por Resíduos Industriais em Queimados (RJ). Rev. Virtual Quim., 2017,9 (5), 2151-2176. Data de publicação na Web: 30 de outubro de 2017

US EPA. Guidelines for Ecological Risk Assessment, EPA/630/R-95/002 Fed. Regist.1998,63(93), 26846−26924.

CAPÍTULO 02

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA EM ITAPETINGA NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL, COM USO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SIG

Artur José Pires Veiga
Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia – UFBA
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Endereço: Estrada do Bem Querer, Km 04 - Vitória da Conquista - Bahia, Brasil.
Setor: Departamento de Geografia, Módulo Acadêmico.
E-mail: veiga@uesb.edu.br

Jana Maruska Buuda da Matta
Doutora em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe - UFS
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Endereço: Estrada do Bem Querer, Km 04 - Vitória da Conquista - Bahia, Brasil.
Setor: Departamento de Geografia, Módulo Acadêmico.
E-mail: janamaruska@uesb.edu.br

Daniela Andrade Monteiro Veiga
Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Bahia – UFBA
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Endereço: Estrada do Bem Querer, Km 04 - Vitória da Conquista – Bahia, Brasil.
Setor: Laboratório de Desenho Técnico e Geométrico, Módulo II – 1° andar.
E-mail: dveiga@uesb.edu.br

Carmem Suze Santos Bomfim
Discente do Curso de Geografia e bolsista de IC/UESB
Instituição: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Endereço: Estrada do Bem Querer, Km 04 - Vitória da Conquista - Bahia, Brasil.
Setor: Departamento de Geografia, Módulo Acadêmico.
E-mail: carmensuzinha@hotmail.com

RESUMO: Este estudo analisou a cobertura da terra de Itapetinga no Estado da Bahia, Brasil, com uso de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG). A base de dados utilizados foram as imagens do satélite RapidEye, fornecida pela UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia) e imagem de topográfica SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), disponibilizados pela USGS (United States Geological Survey). Os dados orbitais foram processados no SPRING (Sistema de Processamentos de Informações Georreferenciadas) com operações de processamento digital de imagens, na operação de classificação supervisionada por regiões, com o classificador Bhattacharya e, Modelagem Numérica de Terreno (MNT) para análise das características do relevo.Os dados foram correlacionados através da tabulação cruzada e cálculo de áreas, como suporte parao estudo. Para a cobertura da terra foram estabelecidas sete classes temática em função das características da área, onde a principal atividade é a pecuária, situada em uma região de vegetação nativa do tipo Floresta estacional semi-decidual. No estudo foi possível observar que Itapetinga - BA situa-se numa faixa altimétrica que varia de 236 a 460 metros de altitude, com predominância da classe do relevo Suave ondulado (42,64 %) a Ondulado (40,39 %), com declividade variando de 3 a 20 %, contemplando o

percentual em 83 % de toda poligonal da região de estudo. A posição geográfica do município, associados as características do relevo e das condições edafoclimáticas, são fatores determinantes no uso do solo e na cobertura da terra, com predominância de pastagem ecom presença de áreas de remanescentes de vegetação nativa de Floresta estacional semi-decidual submontana.

PALAVRA-CHAVE: Cobertura da terra, Imagens de Satélite, Sensoriamento Remoto e SIG.

ABSTRACT: This paper analyzed the coverage of the land of Itapetinga in the State of Bahia, Brazil, using RemoteSensing and Geographic Information System (GIS). The database used were images from the RapidEye satellite, provided by UESB (State University of Southwest Bahia) and topographic image SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), made available by the USGS (United States GeologicalSurvey). The orbital data were processed in SPRING (Georeferenced Information Processing System) with digital image processing operations, in the classification operation supervised by regions, with the Bhattacharya classifier and, Numerical Terrain Modeling (MNT) for analysis of the relief characteristics. The data were correlated through cross tabulation and calculation of areas, as supportfor the study. For the land cover, seven thematic classes were established according to thecharacteristics of the area, where the main activity is livestock, located in a region of native vegetationof the semi-deciduous seasonal forest type. In the study it was possible to observe that Itapetinga - BAis located in an altimetric range that varies from 236 to 460 meters of altitude, with predominance ofthe class of Smooth wavy relief (42.64 %) to Wavy (40.39 %), with slope varying from 3 to 20 %, considering the percentage in 83 % of all polygonal in the study region. The geographical position ofthe municipality, associated with the characteristics of the relief and the edaphoclimatic conditions,are determining factors in land use and land cover, with a predominance of grassland and with the areas of remnants of native vegetation in a seasonal semideciduous submontane forest.

KEYWORDS: Coverage of the land, Satellite Image, Remote Sensing and GIS.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de imagens de satélite para análise da cobertura da terra é uma alternativa viável, sobretudo pela facilidade de manipulação das informações geográficas de áreas com grandes extensões territoriais, fornecendo informações atualizadas, que são extraídas através de técnicas de análise visual e de processamento digital das imagens.

Pinto *et al.* (2009) ressalta que a utilização das técnicas de extração automática é uma opção viável para grande quantidade de volume de dados de sensores remoto. Acrescenta-se que a viabilidade também está relacionada a extensão da área mapeada, passando a explorar diferentes escalas e maior precisão nas informações, adequando-se melhor ao objeto de análise. As opções disponíveis dos sensores orbitais de baixa, média e alta resolução espacial, a facilidade do acesso as imagens e as técnicas de processamento digital, vem facilitar o uso dessa tecnologia.

Florenzano (2002) salienta que com as imagens dos sensores remotos é possível identificar as feições dos espaços terrestres, as características das cidades, estabelecer o limite e expansão da área urbana, analisar o nível de planejamento através das formas de crescimento e do arruamento, assim como, definir a direção do seu crescimento.

Rossini-Penteado *et al.* (2007, p. 661) complementam destacando que no processo de extração das informações de sensores remoto é possível utilizar métodos de classificação orientada por pixel ou regiões. Este último mais recomendado por explorar a qualidade da resolução espacial e superar a limitação espectral das imagens. No processo são utilizados algoritmos, onde são "[...] agrupados os pixels vizinhos com características similares em regiões uniformes, as quais posteriormente são classificadas em função dos seus atributos espectrais e espaciais".

Para Marco *et al.* (2010, p. 274) a imagens de satélite podem ser traduzidas em uma superfície de textura, definidas pela organização dos pixels, e organizadas de acordo com os arranjos espaciais do território que representa. Sendo assim, as características das faixas espectrais retratam a morfologiae a estrutura da superfície da terra, representadas pela interação dos seus elementos constituintes como sistema viário de uma cidade, lotes, quadras, áreas verdes e as edificações.

Com respeito à resolução espectral, Liu (2007) salienta que é possível

distinguir, separar e classificar os diferentes objetos (asfalto, concreto, grama, telhado, água, florestas, etc.) por meio do modelo composto de bandas-chave, baseado na análise das suas assinaturas espectrais, pois cada alvo tem uma curva singular de energia no espectro eletromagnético. Considera ainda que as imagens de alta resolução espacial possibilitam a geração de novos mapas e base de dados para gestão urbana, considerando que é possível mensurar com precisão as ruas, os contornos de edificações, expansão do uso do solo urbano e de áreas residenciais, ruas, rodovias, infraestrutura, dentre outras. Assim, combinação entre as faixas espectrais dos sensores de alta resolução espacial realçam os alvos e possibilita a aplicabilidade para mapeamentos de detalhe.

Os sensores orbitais registram o comportamento espectral dos diferentes objetos, em forma de medidas radiométrica, representadas como valores da reflectância da energia eletromagnética dos alvos, com diferentes respostas (absorção ou refletância) em cada uma das faixas espectrais. Sendo assim, a combinação entre as faixas espectrais, pode ser utilizada em diversas aplicações e estudos.

Segundo Rosa (1995), na região do espectro na faixa do visível, a reflectância da vegetaçãoé relativamente baixa, decorrente da pigmentação da clorofila, enquanto que, na faixa do infravermelho ocorre um aumento na reflectância, sendo a elevação importante para manter o equilíbrio do balanço da energia e não superaquecer, evitando assim a destruição da clorofila. Sendo assim, a combinação entre as faixas espectrais do visível com o infravermelho, como a mudança abrupta no comportamento espectral da vegetação, pode ser utilizada no seu estudo, sobretudo, na análise de biomassa.

Com os dados registados e obtidos pelos satélites ou radar é possível de serem realizados processamento digital para extração das informações dos dados orbitais, tendo como suporte o conhecimento de sensoriamento remoto, onde o princípio físico se baseia no comportamento espectral dos alvos em relação a absorção ou refletância da radiação eletromagnética. Nos processamentos realizados com os cálculos das combinações entre as faixas espectrais, os dados são extraídos, possibilitando assim, a espacialização das feições mapeadas, com o auxílio de classificadores automáticos ou semiautomáticos.

A tecnologia de SR e o uso do SIG, possibilita a realização de processamento digital das imagens e de modelagem numérica de terreno, podendo ser utilizada para

aplicações em diferentes escalas, conforme a necessidade e precisão das informações. As escalas podem ser de síntese ou de integração de dados para levantamento continental e sistemáticos do País; compilação de dados para levantamento regional; estudos parciais e detalhados de uma determinada unidade espacial, além de possibilitar o monitoramento das transformações que se processam no meio ambiente.

No que diz respeito a modelagem numérica de terreno, Câmara e Medeiros (1998, p.47) consideram que "um modelo de dados é um conjunto de ferramentas conceituais utilizados para descrever como a realidade geográfica será representada no sistema". Veiga e Souza (2002) acrescentam ainda que a modelagem de dados da realidade geográfica é possível de ser realizada de forma rápida, em um curto espaço de tempo, com programas específicos para determinadas aplicações.

Valeriano (2008) tratando sobre aplicação de análise morfométricas com SIG, salienta que o modelo digital de elevação pode ser aplicado na geração de mapas qualitativo, realizadas com combinações, interpretação e síntese, utilizando as variáveis morfométricas (relevo sombreado, declividade, exposição de vertentes, segmentação do terreno, estratos altimétricos, etc.), com dados para análise do relevo.

Para Florenzano (2008) a realidade representada em 3D propicia a interpretação por proporcionar uma visão tridimensional da superfície terrestre, ajudando na análise do relevo e da distribuição da topografia de uma determina região.

Para Veiga e Souza (2002), os resultados gerados a partir das análises espaciais de uma superfície terrestre, servem como instrumentos de subsídio para o planejamento a gestão territorial, fornecendo base para que se possa atuar de forma ordenada e menos traumática para meio ambiente. Veiga (2001, p. 15), complementa ainda ao afirmar que "num país de grandes proporções como o Brasil, uma cartografia sistemática, atualizada e integrada aos modernos sistemas computacionais, viabilizam trabalhos e projetos que necessitam uma base de informações segura e precisa [...], para uma correta tomada de decisões".

Com respeito ao uso de SR e SIG no estudo da cobertura e uso da terra, apresenta o relevante papel de permitir analisar as alterações provocadas pela ação antrópica, fornecendo importantes informações para o planejamento regional ou urbano. A partir da análise do território é possível identificar e monitorar as atividades humanas, as ações antrópicas as áreas preservadas, dentre outras.

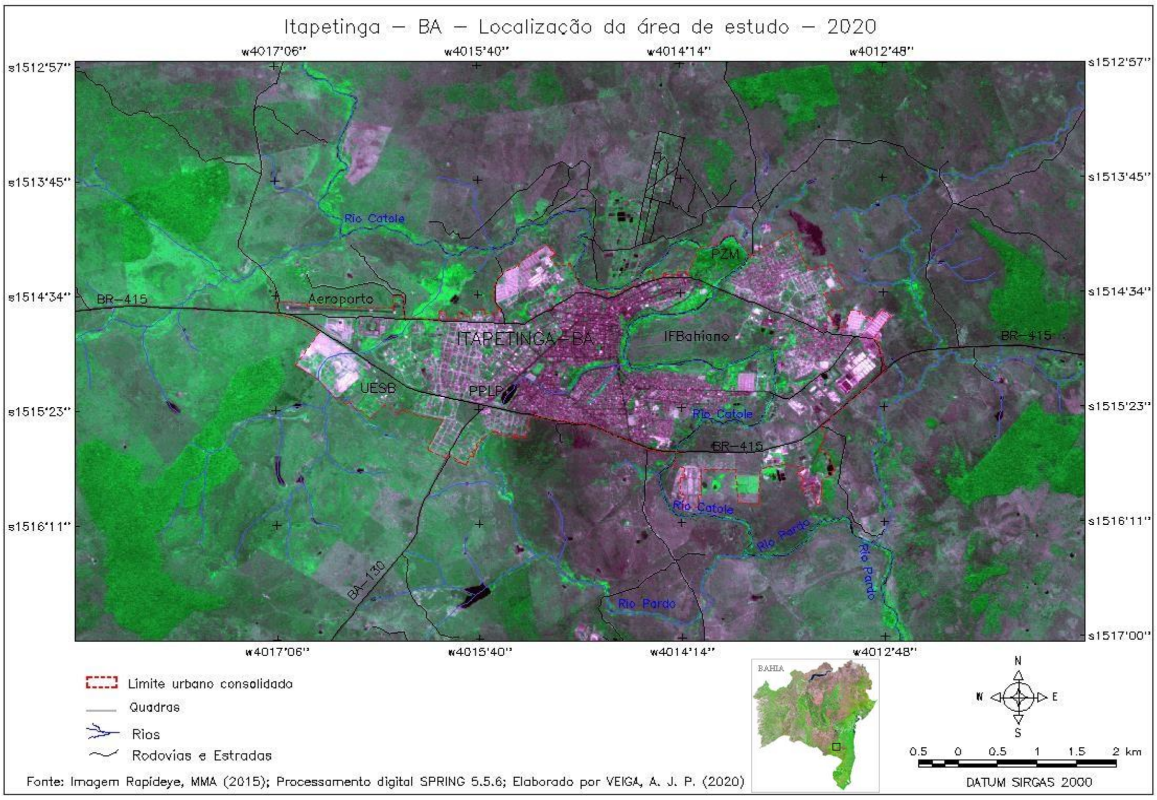
Estudos de detalhe precisam ser desenvolvidos para aprofundamentos das análises de uma determinada área, região ou município. Nesse sentido, especificamente, este estudo teve o objetivo de analisar a cobertura da terra de parte do município de Itapetinga – BA, com sensoriamento remoto e SIG, utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial, como base de dados orbitais. Pesquisa dessa natureza é uma alternativa viável, pela disponibilidade e facilidade de manipulaçãode dados orbitais, com informações geográficas que podem ser processadas no SIG.

As opções de estudos possibilitam a observação, identificação, classificação e monitoramento uma determinada área urbana ou rural, para isso, se faz necessário à espacialização das feições de interesses e de suas características. Como os dados em meio digital é possível manipular com rapidez, eficiência e precisão, possibilitando ao usuário o entendimento de uma determinada área de estudo em diferentes escalas e detalhes, cujos resultados podem ser utilizados para o planejamento da região, com vistas ao uso racional do ambiente, no presente e para as gerações futuras.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo situa-se em parte do município de Itapetinga (aproximadamente 6 % do total) localizado no Estado da Bahia, compreendendo o retângulo (poligonal) nas coordenadas geográficas 15º12´54” - 15º17´06” de latitude Sul e 40º18’34 - 40º11’12” de longitude Oeste, em um recorte espacial de aproximadamente 101 km² (Mapa 1).

Mapa 1 - Itapetinga – BA: Carta imagem de localização da área de estudo – 2020.



Os estudos foram desenvolvidos no Laboratório de Geografia Física da UESB, em ambiente computacional, com técnicas de sensoriamento remoto e uso do SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), com dados de sensores remoto (imagens de satélite e de radar). O SPRING foi escolhido por ser um SIG (Sistema de Informações Geográfica) de uso público. Esse sistema desenvolvido pelo INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais), a partir de 1991, concebido como SIG de segunda geração, trabalhando em ambiente cliente-servidor efuncionando acoplado a um SGBD (Sistema de gerenciamento de Banco de Dados).

Como característica importante, o SPRING é baseado em um modelo de dados orientado a objeto, com mesma estrutura de dados que integra funções de sensoriamento remoto e de sistemas de informações geográficas. Esse sistema foi estruturado para processamentos de informações vetoriais, raster e de dados não-espaciais, onde são disponibilizadas as funções de criação e manipulação do banco de dados, entrada de dados, importação e exportação de arquivos, processamento digital de imagens, produção e manipulação de cartas e análise geográfica.

Para a representação dos dados no SPRING foi criado um Banco de Dados com um Projeto, Modelos de Dados, Planos de Informações (PI's), com as suas

respectivas classes temática. As entradas e a integração dos dados espaciais foram da representação geométrica no formato vetoriale raster, inseridas no sistema a partir da importação de arquivos digitais, para posterior processamento digital e análise dos resultados.

Além da importação de arquivos digitais, também foram realizadas operações no SPRING de digitalização de dados, com operação de edição vetorial das rodovias e o do limite da área urbana consolidada, com uso da imagem de satélite como background, assim como, extração automática darede de drenagem na operação de modelagem digital de terreno (MNT), em processos hidrológicos, com uso da imagem topográfica.

A base de dados utilizadas foram as imagens do satélite RapidEye com resolução espacial de 5 metros, nas faixas multiespectrais 3-4-5, capturada em 02-04-2015, sendo a banda 3 do vermelho (630-690 nm) no espectro do visível e as bandas 4 (690-730 nm) e 5 (760-880 nm) nas faixas espectrais daborda do vermelho e do infravermelho próximo (Quadro 1); imagem de radar do modelo numérico de terreno, composta por imagem de cinza e uma grade (gride) numérica de pontos cotados de 30x30 metros (1 arc.), obtidos pela missão americana de mapeamento do relevo terrestre conhecida como SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), realizada em 2000 e adquirida para esse estudo no ano de 2017.

Quadro 1. Bandas espectrais do satélite do sistema RapidEye – 2020.

Número da Bandas	Nome da Banda	Cobertura espectral (nm)
1	Azul	440 – 510
2	Verde	520 – 590
3	Vermelho	630 – 685
4	Red-Edge	690 – 730
5	Infravermelho Próximo	760 – 850

Fonte: RAPIDEYE (2020).

As imagens de satélite foram adquiridas e fornecidas pela UESB, enquanto que a imagem de radar (SRTM) foi obtida na USGS (United States Geological Survey), através do cadastro de pesquisador, para acesso ao banco de dados e posterior download do arquivo digital. Os dados foram processados com posicionamento geográfico, georreferenciados, Datum SIRGAS2000, conforme normas do IBGE.

Com as imagens de satélite foram analisadas a cobertura da terra de Itapetinga

- BA, através do processamento digital com o método de classificação supervisionada por regiões, com o classificador Bhattacharya, com limiar de aceitação de 95 %. A imagem de radar foi utilizada para identificação das características do relevo da área de estudo, como complemento das análises, através das correlações dos dados, sendo todas as operações realizadas no SPRING.

A classificação de imagens pode ser supervisionada ou não-supervisionada com métodos de classificação orientada por pixel ou regiões. Nesse estudo foi utilizado a recomendação de Rossini-Penteado *et al.* (2007) de classificação supervisionado por regiões, por ser um método mais recomendado por explorar a qualidade da resolução espacial e a limitação espectral das imagens.

Os classificadores por regiões utilizam, além de informação espectral de cada pixel (valor radiométrico), a relação entre os pixels e seus vizinhos, no reconhecendo das áreas homogêneas da imagem de satélite. Para esse processamento foi realizada a operação de segmentação automática onde o sistema separou as regiões da imagem em áreas poligonais homogêneas, baseados nas propriedades espectrais e espaciais. Após a separação das regiões poligonais, a próxima operação consistiu na etapa do “treinamento”, com a indicação pelo usuário/pesquisador das regiões segmentadas (amostras) em sua associação com as respectivas classes temática.

Para associação das regiões segmentadas com as classes temáticas a metodologia utilizada foi de análise visual de imagens, através dos elementos chaves interpretativas como a tonalidade, textura, forma, padrão, sombra e as feições do terreno. Para essa operação foi aplicado o contraste da imagem, para realçar os elementos e as feições do terreno, facilitando o processo interpretativo. As classes temáticas da cobertura da terra foram escolhidas em função das características geográfica do município de Itapetinga - BA. A principal atividade econômica do município é apecuária extensiva, onde se observa a presença a predominância de propriedades rurais compastagem de gramíneas para alimentação dos bovinos, situada em uma região de vegetação nativado tipo Floresta estacional semidecidual, onde se observa a presença de manchas (resquícios) da vegetação nativa, ainda preservada, assim como, áreas de recomposição vegetal devido ao manejo do uso e da ocupação do solo e das condições edafoclimáticas da região.

Segundo o IBGE (1992, p.21-22), o tipo da vegetação de Floresta estacional semidecidual ocorre em regiões “condicionado pela dupla estacionalidade climática,

clima tropical com época de intensas chuvas de verão, seguida por estiagem acentuada e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15° C”.

Para o IBGE (1992, p.22) “[...] este tipo florestal apresenta-se descontínuo e sempre acentuado entre climas gerais um úmido e outro árido, sendo superúmido no equador, árido no Nordeste e úmido no Sul”. Em estudos desenvolvidos por Carvalho *et al.* (2016), sobre os elementos meteorológicos do município de Itapetinga – BA, foi verificado características climáticas importantes para atividade agropastoril, no entanto, merecem atenção quanto a disponibilidade hídrica e distribuição das chuvas ao longo do ano. Segundo a SEI (1999), a tipologia climática do município na classificação de Koppen é de Aw', e na de Thornthwaite e Mather como C1dA'a' (subúmido a seco), temperatura média anual23,1ºC, períodos chuvosos concentrados de outubro a abril, média/anual de 803 mm de pluviosidade.

Uma outra característica do tipo de Floresta estacional semidecidual, de acordo com o IBGE(1992, p.22), diz respeito ao “[...] critério estabelecido com a finalidade exclusiva de propiciar o mapeamento contínuo de grandes áreas foi o das faixas altimétricas, utilizado também nas formações vegetacionais precedentes [...]”, podendo ser encontradas quatro formações: aluvial, terras baixas, submontana e Montana. A formação submontana, típica dessa região de estudo, situa-se numa faixa altimétrica que varia de 100 a 600 m, enquanto que a formação montana situa-se na faixa altimétrica de 400 a 2 000 m de altitude, a depender da posição geográfica.

De acordo com informações do IBGE (2018), o Município de Itapetinga – BA, localiza-se na região do sudeste baiano, possui 1.627,462 km² de área, com altitude média de 280 metros, na sede do município. Para Brasil (1981), o relevo da região situa-se no domínio das Depressões Interplanálticas, na Unidade Geomorfológica Depressão Itabuna-Itapetinga.

Para análise do relevo foi utilizado a classificação proposta pela EMBRAPA (2018), onde ocritério utilizado leva em consideração a declividade em percentuais. As classes de relevo reconhecidas foram agrupadas conforme quadro 1.

Quadro 1 - Classes do relevo de acordo com a Embrapa – 2018.

CLASSE	DECLIVIDADE	DESCRIÇÃO
Plano	0 a 3 %	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave ondulado	3 a 8 %	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves.
Ondulado	8 a 20 %	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados.
Forte ondulado	20 a 45	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de altitudes relativas de 50 m a 100 m e de 100 m a 200 m, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes.
Montanhoso	45 a 75	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.
Escarpado	> 75	Áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo superfícies muito íngremes e escarpamentos, tais como: aparados, itaimbés, frentes de cuestas, falésias, vertentes de declives muito fortes.

Fonte: Adaptado da EMBRAPA (2018).

Na identificação da caracterização do relevo da área de estudo foi realizada as operações com o Modelo Numérico de Terreno (MNT), com utilização da imagem topográfica SRTM. Após a importação dos dados SRTM para o SPRING (imagem de cinza e grade numérica), os seguintes processamentos foram realizados: fatiamento da hipsometria e sua associação com as classes temática; geração de grade de drenagem e fatiamento da declividade e sua associação com as classes temática; extração automática da rede de drenagem, através dos processos hidrológicos; modelagem 3D com textura de cobertura da terra, hipsometria e de declividade.

Para Valeriano (2008) os dados SRTM apesar de apresentar limitações e condições ideais de uso, sobretudo, quanto a escala, resolução e precisão, devido a sua disponibilidade, baixo custo de obtenção e de manipulação, torna-se a modelagem digital uma alternativa viável para estudos do terreno.

Durante os processamentos no SPRING da análise do uso e da cobertura da terra e sua associação com o relevo, foram realizadas operações complementares com transformações matricial-vetorial; cálculo de áreas; tabulação dos dados, produção de gráfico de dispersão, tabulação cruzada e a elaboração dos mapas, compondo os dados da análise da área de estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises do uso e da cobertura da terra, inicialmente foram considerados os resultados apresentados no interior da área urbana consolidada até o seu limite delimitado no mapa 1, seguida daanálise das áreas que se encontram no entorno da área urbana, onde predominam as propriedades rurais (Tabela 1), e, pôr fim, a correlação dos dados de toda a área do uso do solo com o relevo.

Tabela 1- Itapetinga – BA: Área do limite urbano consolidado e do seu entorno (rurais) – 2020.

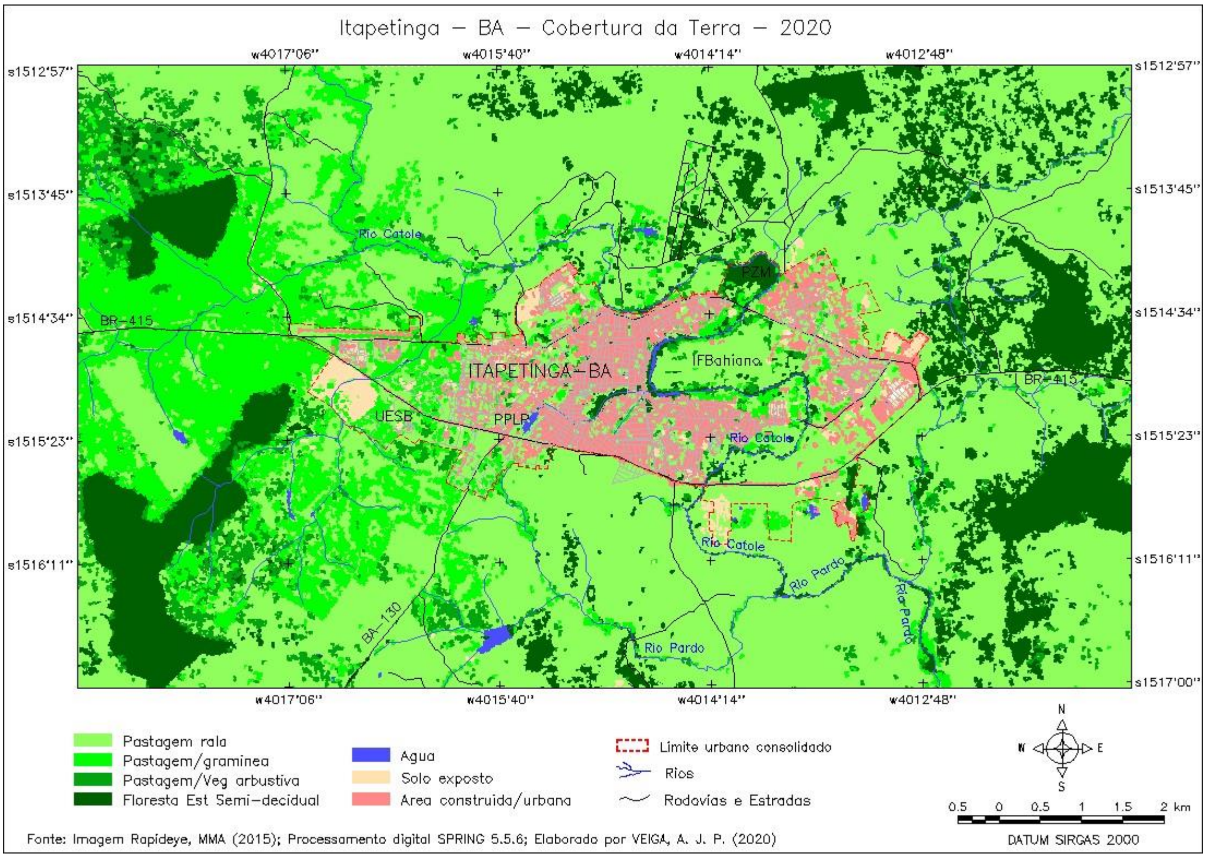
Classes	Área do limite urbano consolidado		Área externa (rurais)	
	Km²	hectares (ha)	Km²	hectares (ha)
Água	0,18	18,16	0,43	42,67
Área urbana	4,70	469,68	0,05	5,47
Solo exposto	0,96	96,27	0,11	10,63
Pastagem rala	6,50	650,00	57,70	5770,06
Pastagem/gramínea	1,20	120,24	10,54	1054,24
Pastagem com Vegetação arbustiva	0,31	30,92	3,85	385,08
Floresta Estacional Semidecidual	0,84	83,97	13,66	1366,42
SOMA	14,69	1469,23	86,35	8634,57

Fonte: Dados processado no SPRING 5.5.6; Elaborado por: VEIGA, A. J. P. (2020).

Na classificação da cobertura da terra de toda área estudada foi identificada sete classes: corpos d'água, superfície construída, pastagem com vegetação arbustiva, pastagem/gramíneas, pastagem rala, floresta estacional semidecidual e manchas de solos exposto (Mapa 2).

A área total correspondente ao limite da urbano consolidado de Itapetinga foi de aproximadamente 14,7 Km², representando o percentual de 14,54 % em relação a poligonal da área de estudo. No total da área consolidada foi possível identificar as seguintes características de cobertura da terra: as áreas construídas ocupam uma extensão territorial de 4,70 km², correspondente a 32 %, enquanto que, os solos expostos ocuparam uma área de 0,96 km² representando o percentualde 6,6 % na área urbana.

Mapa 2 - Itapetinga-BA: Cobertura da terra – 2020.



Os solos expostos ocorreram em área com estágio de implantação do parcelamento do solo em forma de loteamentos e condomínios, com características importantes no processo de expansão da cidade, imprescindível para avaliação, monitoramento, estudos e gestão urbana. Incluem-se ainda nessa categoria, pequenas áreas rurais em estágio de preparo do solo para plantio ou de movimentação de terras.

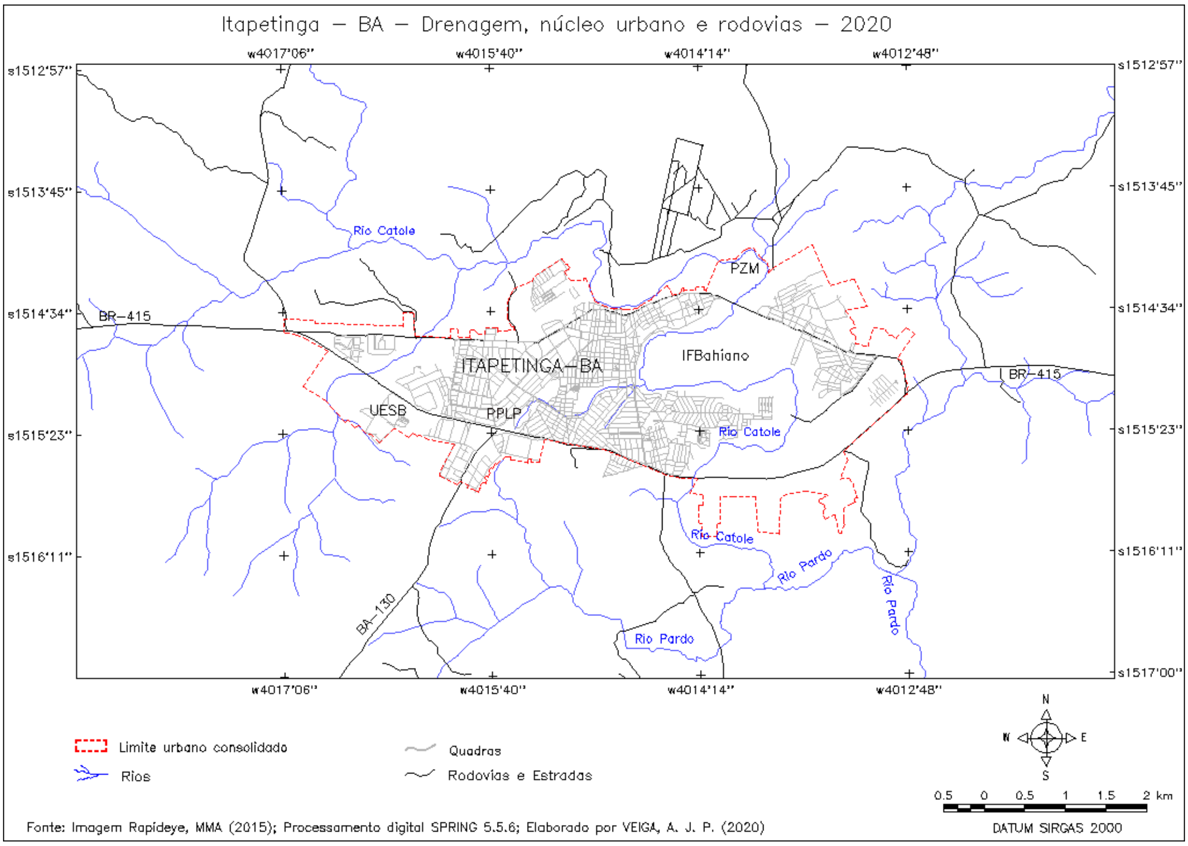
As áreas construídas correspondendo a superfície urbanizadas da cidade de Itapetinga e, com base na morfologia, podem ser observados alguns importantes equipamentos urbanos como o Parque Poliesportivo da Lagoa Primavera (PPLP), o Parque Zoobotânico da Matinha (PZM) e a área não edificada do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFBaiano).

Considerando a quantidade de pastagem rala, no limite da área urbana consolidada, estes abrangem 6,5 km² com percentual de 44,2 %, enquanto que, as pastagens/gramíneas se estende a 1,2 km² de extensão consolidando 8,2 % dessa área. Parte dessas áreas situa-se na propriedade da UESB (Universidade Estadual do

Sudoeste da Bahia), onde possui o curso de graduação em Zootecnia, no IFBaiano, que também possui curso na área de agrária, o Técnico em Agropecuária, e em áreas de expansão da malha urbana, constituindo os vazios urbano, com áreas parceladas e não parceladas, seja para especulação imobiliária, com estoque de área para expansão urbana, o que demostra que acidade está em fase de expansão urbana.

A pastagem com vegetação arbustiva foi identificada em uma área de 0,31 km² perfazendo um percentual de 2,1 % presente na área urbana. A floresta estacional semidecidual, também foi encontrada na área urbana, com 0,8 de km², ou seja, 83,97 hectares, com percentual de 5,7 %, presentem em sua maior parte no Parque Zoobotânico da Matinha e seu entorno, com 46,4 hectares, situado a nordeste do centro da cidade, sendo o percentual restante distribuído nas áreas verdes como as Praças e na mata ciliar do rio Catolé e seus afluentes (Mapa 3).

Mapa 3 – Itapetinga - BA: Drenagem, núcleo urbano e rodovias – 2020.



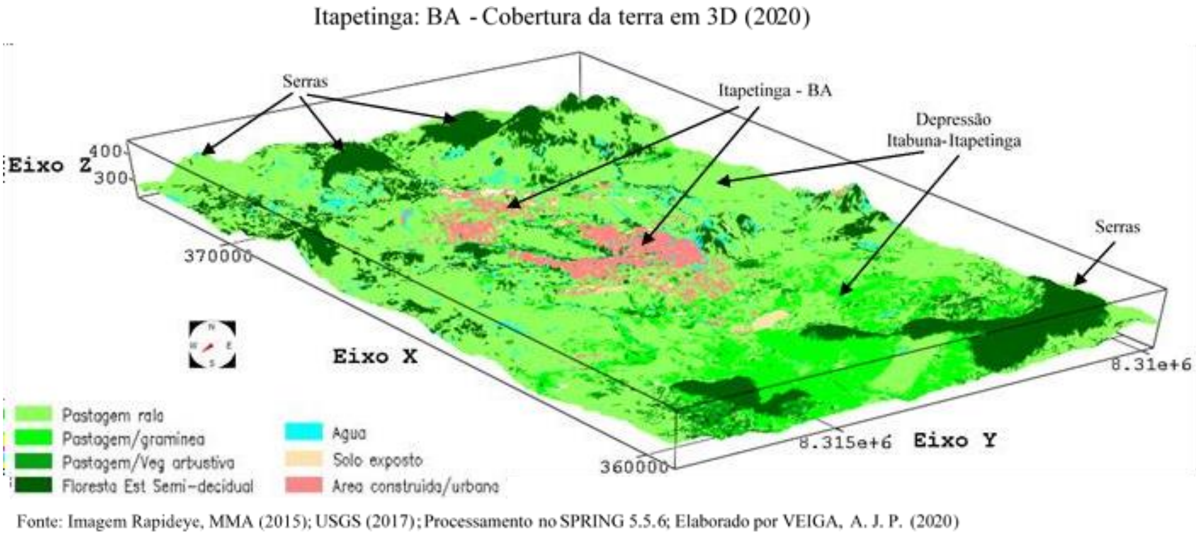
Nas áreas externas, fora do limite urbano consolidado, correspondente ao restante a poligonal de toda a área estudada, predominam as propriedades rurais. A classe encontrada com maior quantidade foi de pastagem rala, perfazendo um total

de 66,83 % de toda a área, ocupando 57,7 km^2 (5.770 hectares), a pastagem com vegetação arbustiva foi identificada a área de 3,85 km^2 (385 hectares), enquanto a pastagem/gramíneas a área foi de 10,54 km^2 (1054 hectares). As três classes de pastagem perfazem juntas, suprimindo o solo exposto, urbano e água, representou o percentual de ocupação de 83,5 % de toda a área, com essa tipologia de cobertura do solo, correspondendo a área de 86,4 km^2, ou seja, 8.834,6 hectares, caracterizando uma região voltada para a atividadeda pecuária.

Os solos expostos identificados com área de 0,11 km^2, ou seja, 10,6 hectares, representam área sem cobertura vegetal, em estágio de preparo do solo para plantio ou de movimentação de terras, assim como, ocorrência de áreas degradadas, necessitando de um manejo adequado do solo. Na análise das áreas com Floresta estacional semidecidual foi identificado o percentual de 15,8 % de vegetação nativa do total da área externa, onde situa-se as propriedades rurais, perfazendo a área de 13,66 km^2, ou seja, 1.366,42 hectares. Segundo as diretrizes do Código Florestal (Lei nº 12.727, de 2012) a vegetação nativa deveria ser preservada em todas as propriedades rurais em forma de APP (Áreas de Preservação Permanente) e de Reserva Legal, com o mínimo de 20 % de áreas protegidas.

No bloco diagrama em 3D com exagero de 0.3, representada na figura 1, com a textura do uso e cobertura da terra de parte do município de Itapetinga – BA, observa-se a associação com a topografia de toda a áreas estudada, sendo possível identificar algumas elevações com serras localizadas principalmente nas propriedades rurais e nas proximidades do limite da área urbana.

Figura 1 - Itapetinga – BA: Bloco diagrama de cobertura da terra com relevo em 3D -2020.



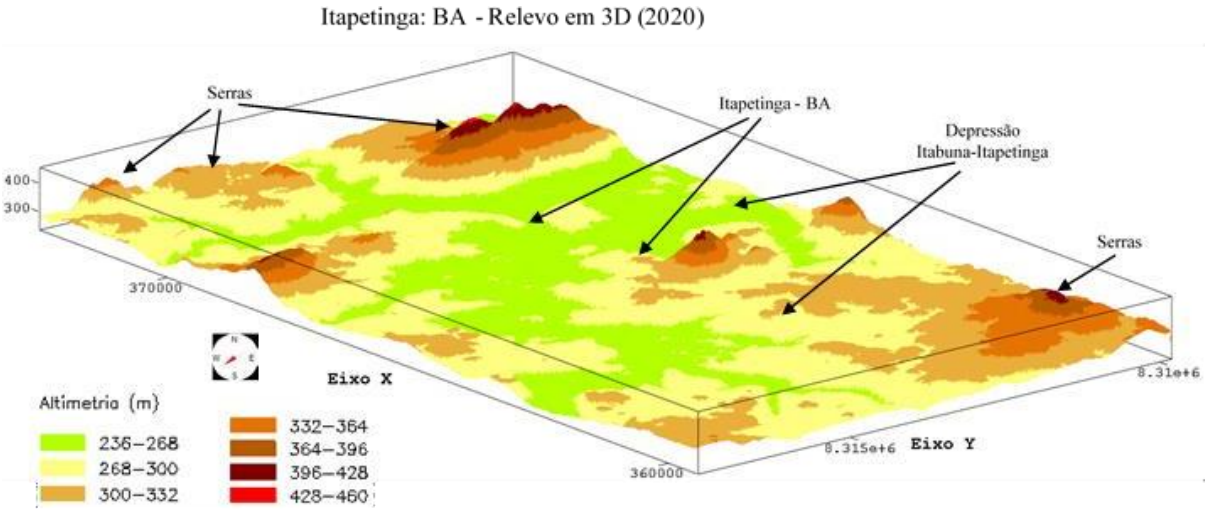
A Floresta estacional semidecidual encontrada no recorte espacial do estudo principalmente nos topos de morros, se enquadra na formação submontana segundo a classificação do IBGE (1992). A região estudada situa-se numa faixa altimétrica que varia de 236 a 460 metros de altitude, em área de contato com tipologia climática variando de subúmido a seco.

A vegetação nativa de Floresta estacional semidecidual submontana, ocorre em faixas de contato entre a Floresta estacional ombrófila com as Florestas decidual e semidecidual, característica de vegetação litorânea, zona da mata, agreste e sertaneja.

A posição geográfica do município, associados as características do relevo e das condições edafoclimáticas, são fatores determinantes no uso do solo e na cobertura da terra, com presença de áreas de remanescentes de vegetação nativa de Floresta estacional semidecidual submontana.

Na análise mais detalhada do relevo, representada na figura 2 com o bloco diagrama em 3D, com exagero de 0.3, de parte do município de Itapetinga – BA, observa-se a distribuição da topografia em toda a áreas estudada, com dados da altimetria, cotados em sete classes temática.

Figura 2 - Itapetinga – BA: Bloco diagrama do relevo em 3D – 2020.



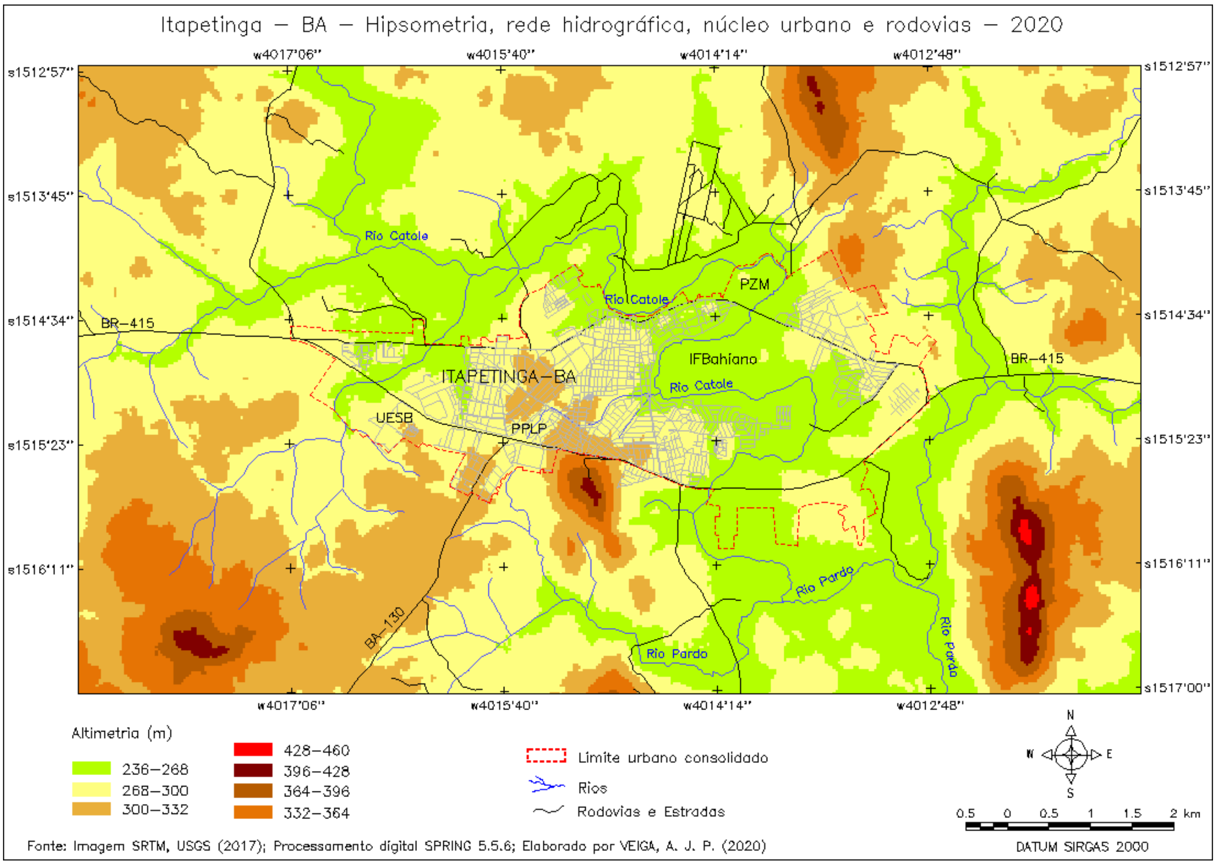
Fonte: Imagem SRTM, USGS (2017); Processamento no SPRING 5.5.6; Elaborado por VEIGA, A. J. P. (2020).

Na área urbana a variação da altitude do relevo foi de 236 a 332 metros, sendo as menores cotas situadas principalmente ao longo do curso principal do rio Catolé e em um dos seus afluentes localizados a nordeste, e uma pequena elevação com cotas de 268 a 428 metros de altitude nas proximidades do limite da área urbana, sendo cortada pela BR 415 que liga o litoral sul da Bahia com o interior do Estado.

O relevo com as maiores altitudes foi encontrado nas áreas periféricas da poligonal analisado, nas propriedades rurais, distribuídos em pequenas elevações localizadas ao Norte, Sudeste, Nordeste e Noroeste do município, onde também se encontram as maiores concentrações de vegetação nativa, em topos de morros.

No mapa 3 pode ser observado a relação da altimetria com a hidrográfica e o núcleo urbano, onde, na poligonal da área estudada, a rede hidrográfica pertence a bacia do rio Pardo, tendo como principal afluente o rio Catolé, com o seu principal curso d’água situado nessa região nas cotas de 236 a 268 metros de altitude, sendo o responsável pelo abastecimento da cidade e das propriedades rurais de Itapetinga – BA. Diante disso, desenvolver estudos sobre a importância de se preservar as potencialidades dos recursos hídricos são imprescindíveis para despertar o uso consciente desses recursos, tanto para o uso atual, quanto para as gerações futura.

Mapa 3 – Itapetinga – BA: Hipsometria, rede hidrográfica, núcleo urbano e rodovias – 2020.



Na tabela 2 observa-se os dados da distribuição do relevo nas cotas altimétricas, do recorte da área de estudo, sendo as análises realizada com o cálculo das áreas da altimetria de todas as classes, formada pelo do núcleo urbano consolidado e as áreas rurais.

Tabela 2 – Itapetinga – BA: Distribuição do relevo nas cotas altimétricas (2020).

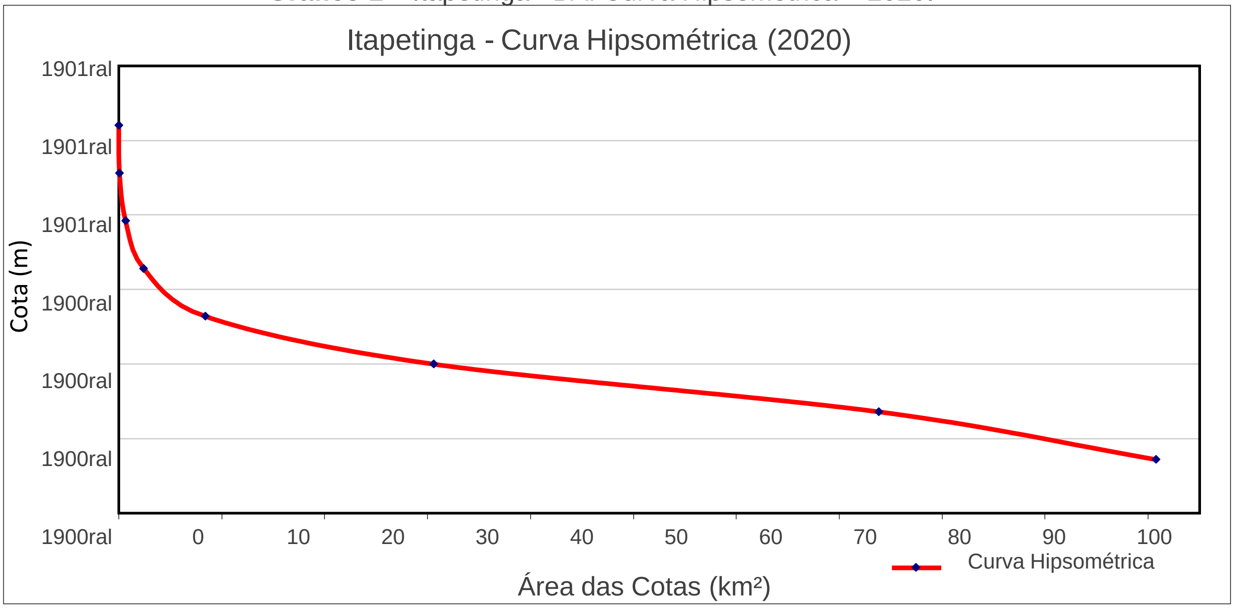
COTAS	ÁREA		
	km²	ha	%
236-268	26,96	2695,84	26,8
268-300	43,23	4323,25	42,9
300-332	22,20	2220,14	22,0
332-364	5,95	595,03	5,9
364-396	1,77	176,70	1,8
396-428	0,60	59,67	0,6
428-460	0,07	7,27	0,1
SOMA	100,78	10077,89	100

Fonte: Dados processado no SPRING 5.5.6; Elaborado por: VEIGA, A. J. P. (2020).

O gráfico 1 de dispersão, mostra a curva hipsométrica, elaborado a partir do somatório das áreas acumulada dos intervalos das cotas altimétrica. Na curva

hipsométrica são descrias as áreas das classes de altitudes do relevo de Itapetinga, com intervalo de 32 metros, com cotas mínima de 236 e máxima de 460 metros de altitude, com desnível de 224 metros.

Gráfico 1 – Itapetinga - BA: Curva Hipsométrica – 2020.



Fonte: Elaborado por: VEIGA, A. J. P. (2020).

Christofoletti (1980), tratando sobre estudo hipsométrico, salienta que a curva hipsométrica,"[...] tem a finalidade de exprimir a maneira pela qual o volume rochoso situado abaixo da superfície topográfica está distribuído desde a base até o topo".

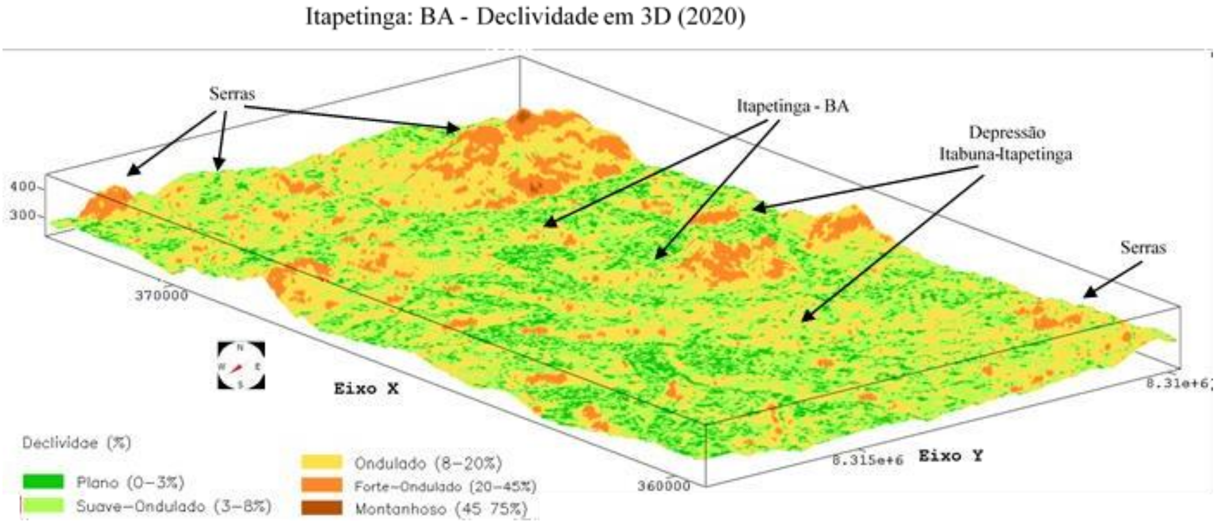
Analisando a curva hipsométrica do relevo de Itapetinga, observa-se que a linha de quebra do relevo (Gráfico 1), situa-se nas cotas de 332 a 460 metros de altitude, com pequena quantidade de áreas nessas classes, perfazendo um total de 6,39 km^2, ou seja, 838,66 hectares, representando 8,3 % em relação ao total de toda poligonal analisada.

A predominância da altimetria das áreas da poligonal analisada, atingem as cotas do intervalo de 236 a 332 metros, perfazendo uma área de 92,39 km^2, ou seja, 9.239,23 hectares, contemplando 91,7 % das áreas nesse intervalo com relação ao total de todas as classes, com relevo exibindo 96 metros de desnível, com pequena variação nas cotas altimétrica. Essa região localiza-se em uma área de depressão, classificada por Brasil (1981), como unidade geomorfológica Depressão Itabuna-Itapetinga.

Na análise das classes de relevo, foi utilizada a classificação de acordo com a propostada EMBRAPA (2018), para isso, foi elaborado a carta de declividade e

produzido o bloco de diagrama em 3D com a textura das classes de relevo (Figura 3), objetivando um detalhamento da área de estudo a partir da topografia.

Figura 3 – Itapetinga – BA: Bloco diagrama de declividade em 3D – 2020.



Fonte: Imagem SRTM, USGS (2017); Processamento no SPRING 5.5.6; Elaborado por VEIGA, A. J. P. (2020).

Na figura 3 observa-se a classificação do relevo de acordo com a topografia, sendo as análises realizada com o cálculo das áreas para cada uma das respectivas classes, sendo os dados correlacionados com o uso e cobertura da terra de Itapetinga – BA. Os dados das classes de relevo (Tabela 2) foram identificados e agrupadas nas seguintes formas: Plano, Suave ondulado, Ondulado, Forte ondulado e Montanhoso. A classe Escarpado foi excluída por ser ausente na área de estudo.

Tabela 2 - Itapetinga – BA: Classificação do relevo – 2020.

RELEVO	ÁREAS			
	Declividade(%)	Km^2	hectares	%
Plano	0 a 3	11,36	1135,6	11,41
Suave ondulado	3 a 8	42,42	4242,2	42,64
Ondulado	8 a 20	40,18	4018,4	40,39
Forte ondulado	20 a 45	5,49	549,2	5,52
Montanhoso	45 a 75	0,04	4,2	0,04
SOMA	-	99,50	9.949,67	100,00

Fonte: Dados processado no SPRING 5.5.6; Elaborado por: VEIGA, A. J. P. (2020).

Na classificação do relevo de Itapetinga - BA, foi observado a predominância da classe do relevo Suave ondulado (42,64 %) a Ondulado (40,39 %), com declividade

variando de 3 a 20 %, contemplando a soma do percentual em 83 % de toda poligonal da região de estudo. Se for acrescido na soma a classe de relevo Plano, com declividade de 0 a 3 %, que obteve o percentual das áreas em 11,41 %, o total para essas três tipologias de relevo (Plano, Suave Ondulado e Ondulado) per fazem juntas 94,44 % de toda a área analisada.

Na área urbana foi observado que a variação do relevo foi de Plana a Ondulada, com declividade variando de 3 a 20 %, com pequenas áreas de relevo Forte Ondulado, com declividade de 20 a 45 %, e, ausência de relevo Montanhoso, na declividade de 45 a 75 %. A predominância do relevo Plano (0 a 3 %) a Suave Ondulado (3 a 8 %) foi identificada principalmente no centro da cidade, no IFBahiano, na área do Centro Industrial e, sobretudo, nas margens do rio Catolé.

Nas áreas rurais foi encontrada todas as classes, sendo que, o relevo Forte Ondulado e o Montanhoso foi identificado com maior ocorrência apenas nessas áreas, embora a quantidade das áreas foi de apenas 0,04 % km^2, ou seja, 4,2 hectares, com 0,04 % para o relevo Montanhoso e, para o relevo Forte Ondulado, a quantidade das áreas foi de 5,49 km^2, ou 549,2 hectares, com índice de 5,52 % em relação ao total das demais tipologias.

Quanto ao uso e cobertura da terra, foi observado que em todas as classes de relevo se observou a presença de todas as tipologias de vegetação. A vegetação de Floresta Estacional Semidecidual foi encontrada tanto em áreas com topografia acentuada, com relevo Forte Ondulado e Montanhos, quanto em relevo Plano e Suave Ondulado. Da mesma forma, a cobertura da terra com pastagem também foi identificada em todos os tipos de relevo, inclusive Montanhoso, Forte Ondulado e Ondulado, merecendo maiores atenções quanto ao manejo do solo, sobretudo, quanto aos processos erosivos que podem desencadear em função da topografia.

4. CONSIDERAÇÕES

O município de Itapetinga situa-se em uma região onde o uso e cobertura da terra nas áreas rurais predominam pastagens com gramíneas, a vegetação nativa encontra-se em manchas isoladas em algumas propriedades. Sendo assim, os resultados apontam para uma necessidade de maior fiscalização dessas áreas nativas com a finalidade de cumprimento da legislação vigente, para que as propriedades

rurais alcancem o percentual estabelecido em Lei, por meio do reflorestamento ou recuperação das áreas degradadas. Se for considerado o percentual estabelecido na legislação por propriedade, o problema se agrava quanto ao atendimento da Lei federal vigente.

A presença de áreas com pastagem no interior do limite urbano, seja de pequenas propriedades rurais, de especulação imobiliária ou com áreas parceladas e não ocupadas, constituem nos vazios urbano, cuja cobertura do solo com gramíneas é resultado da recomposição da vegetação, em diferentes estágios de sucessão. Itapetinga-BA se configura territorialmente como uma cidade cujo núcleo central se desenvolveu em volta da atividade agropastoril e o seu processo de crescimento urbano remete a essa atividade primária.

O conhecimento dos condicionantes naturais associados aos elementos do meio físico, com a ocupação e uso da cobertura da terra é imprescindível ao planejamento e ocupação do território de forma sustentável. É preciso haver uma inter-relação entre os elementos constituintes do território, atentando para a capacidade de suporte, para não supere e a velocidade de regeneração dos ambientes naturais, com vista ao equilíbrio com os ecossistemas naturais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pelo apoio financeiro para execução desse estudo, assim como, na disponibilidade das imagens RapidEye, fornecida pelo Laboratório de Cartografia da UESB (LABCART), do convênio com o Ministério de Meio Ambiente (MMA), na disponibilidade do Laboratório de Geografia Física (LABGEF), no fornecimento de bolsista durante a pesquisa e, por fim, a United States Geological Survey (USGS) pela disponibilidade da imagem topográfica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE. **Imagem do satélite RapidEye**. 1 Cenas. Bandas3-4-5. Resolução de 5 m. Capturada em 02-04-2015. Geotiff (Inclui material © RapidEye AG do ano 2015. Todos os direitos reservados).

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL.** Folha SD. 24 Salvador: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME, 1981

CARVALHO, T. O.; CONCEIÇÃO, R. S.; SILVA, J. A. S. S.; VEIGA, A. J. P. (2016). Análise da temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração e índice hídrico do município de Itapetinga-BA. **Revista de Geociências do Nordeste,** v. 2, p. 344-353, 27 out. 2016.

CÂMARA, G. MEDEIROS, J. S. de Modelagem de dados em geoprocessamento. In: ASSAD, Eduardo Delgado e SANO, Edson, Eyji. **Sistema de Informações Geográficas**: Aplicações na agricultura. 2. ed.rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA, 1998.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. revista e ampliada. Brasília: EMBRAPA, 2018.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélites para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: FLORENZANO,Tereza Gallotti (Org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidade@.** Obtido em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/ topwindow.htm?1>. Acesso em 15/01/2018.

IBGE. FUNDACÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIAE ESTATISTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Série manuais técnicos em geociências, número 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1992

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2007.

MARCO, A.; RODRIGUES, F. A.; BRUNO, A. B.; COSTA, L. da F. Segmentação automática de áreasurbanas em imagens de sensoriamento remoto. In: **Anais...** WORKSHOP DE VISÃO COMPUTACIONAL, 4. Presidente Prudente - SP: FCT/UNESP, 2010. p. 273-278.

NOVO, E. M. L de M. **Sensoriamento remoto.** Princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995

PINTO, C. M. D. de; ALMEIDA, C. M. de; KUX, H. J. H.; RENNÓ, C. D.; FONSECA, L. M. G. Classificação de cobertura do solo de ambientes interurbanos utilizando imagens de alta resoluçãoespacial e classificação orientada a objetos. In: ALMEIDA, C. M. de; CÂMARA, G.;

MONTEIRO, A. M. V. **Geoinformação em urbanismo:** cidade real x cidade virtual. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

RAPIDEYE. **RapidEye Earth Observation Constellation**. Disponível em: <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/r/rapideye>. Acesso em 07 de abril de

2020.

ROSSINI-PENTEADO, D.; MARQUES, M. L.; GUEDES, A. C. M.; GIBERTI, P. P. C. Classificação orientada por regiões em imagem IKONOS para a identificação e análise da coberturado solo urbano de Ubatuba (SP). **Anais...** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. Florianópolis: INPE, 21-26 abril 2007.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 3. ed. Uberlândia: Editora da universidadeFederal de Uberlândia, 1995.

SPRING: Integrating remote sensingand GIS by object-oriented data modelling. Camara G; SouzaRCM; Freitas, U.M; Garrido J. **Computers & Graphics,** 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Shuttle Radar Topography Mission** (SRTM**)**. Digital terrain model image. 1 Arc. GEOTIFF. Obtido em <http://earthexplorer.usgs.gov/>.Acesso em 01/03/2017.

VALERIANO, Márcio de Morisson. Introdução a geomorfologia. In: FLORENZANO, Tereza Gallotti (Org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

VEIGA, A. J. P. & SOUZA, N. M. Aplicação de Modelo Numérico no Planejamento Ambiental. In:THEODORO, S. H. (org.) **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p. 320-321.

VEIGA, Artur José Pires. **Mapeamento geomorfológico, com uso de sensoriamento remoto e SIG como subsídio ao planejamento ambiental.** 2001. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

CAPÍTULO 03

USO DO TETRAHIDROFURANO (THF) COMO SOLVENTE NA SÍNTESE DE MULITA POR SOL GEL

Veruska do Nascimento Simões
Mestre
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, s/n, Lagoa Nova, 59077000, Natal/RN, Brasil.
E-mail: veruskasimoes@hotmail.com

Erique Ramille Rodrigues Costa
Graduando em Engenharia Civil
Universidade Maurício de Nassau
Endereço: R. Antônio Carvalho de Souza, Estação Velha, 58.410-030, Campina Grande/PB, Brasil
E-mail: eriquerodcos@gmail.com

José Rosa de Souza Farias
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina/PI, Brasil
E-mail: josefarias2100@gmail.com

Ketelly Estefane da Silva Alves
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina/PI, Brasil
E-mail: ketelly.estefane@acad.ifma.edu.br

Ycaro Breno Alves de Almeida
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina/PI, Brasil
E-mail: ycarobreno26@gmail.com

Genivaldo Melo da Rocha
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina/PI, Brasil
E-mail: genivaldo.eng1@ufpi.edu.br

Slanna Larissa Olimpio Costa
Mestrando em Engenharia de Materiais
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí
Endereço: R. Álvaro Mendes, 94 - Centro (Sul), 64000-040, Teresina/PI, Brasil
E-mail: slanna12larissa@gmail.com

Aluska do Nascimento Simões Braga
Doutor
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina/PI, Brasil
E-mail: aluskasimoes@hotmail.com

RESUMO: O Objetivo deste trabalho foi sintetizar mulita pelo método sol gel, analisando a influência do solvente tetrahidrofurano (THF) e da concentração da solução, nas características finais da fase. Os pós obtidos foram caracterizados por difração de raios X, por análise termogravimétrica e diferencial. Os resultados evidenciaram que o uso do solvente THF possibilitou a formação da mulita, e que as diferentes concentrações das soluções não influenciaram significativamente nos resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Síntese, mulita, sol gel.

ABSTRACT: The objective of this work was to synthesize mullite by the sol gel method, analyzing the influenceof tetrahydrofuran solvent (THF) and the concentration of the solution, in the final characteristics of the phase. The powders obtained were characterized by X-ray diffraction, by thermogravimetricand differential analysis. The results showed that the use of THF solvent allowed the formation of mullite, and that the different concentrations of the solutions did not significantly influence the results.

KEYWORDS: Synthesis, mullite, sol gel.

1. INTRODUÇÃO

Há um interesse considerável nas últimas décadas no estudo e aplicação da mulita, devido às suas propriedades, dentre elas: baixa expansão térmica (20/200°C= 4 x 10-6 K-1), alta estabilidade térmica, baixa densidade (3,17 g/cm3), baixa condutividade térmica (k = 2,0Wm-1K- 1), boa resistência mecânica e resistência à fluência, boa estabilidade em ambientes químicos severos, entre outras (DOKKO *et al*., 1977; JAYMES *et al*., 1996). Além do fato de que, as matérias- primas para sua produção (ex: alumina, sílica, silicatos de alumínio, folhas de silicatos ricos em Al2O3, argilas, entre outros) são vastamente encontradas na natureza (SCHNEIDER *et al*., 2008).

Por possuir essas propriedades, a mulita é muito utilizada em aplicações em altas temperaturas, como filtros para gases aquecidos, trocadores de calor, turbinas a gás, motores de combustão interna, em compósitos cerâmicos nos motores de aeronaves, na fabricação de tijolos e cadinhos, e ainda como janelas ópticas em uma faixa de comprimento de onda no infravermelho (3a 5 μm) (SCHNEIDER *et al.*, 1994; OSENDI e BAUDIN, 1996; IWAHIRO *et al*., 2001). Essas aplicações em altas temperaturas se devem a sua alta resistência a fluência, ao choque térmico e a sua estabilidade térmica intrínseca em condições de oxidação (AKSAY *et al*., 1991; MONTANARO *et al*.,1997; KANKA *et al*.,1994).

As propriedades das cerâmicas de mulita dependem, por sua vez, principalmente, da composição, pureza dos reagentes, da homogeneidade da mistura de substâncias que irão reagir para formar a mulita e do processo de síntese utilizado. Nesse sentido, muitos métodos de síntese vêm sendo estudados a fim de atingir melhores propriedades estruturais e morfológicas e atomizar a aplicação final da peça. Geralmente, mulita é produzida por sinterização reativa de aluminossilicatos, tais como silimanita, caulinita, andalusita, cianita (MAZEL *et al*., 2002), em temperaturas superiores a 1000°C (JAIN, 1997). Porém, o produto final geralmente inclui impurezas, particularmente elevada quantidade de fase vítrea, que podem deteriorar suas propriedades (KIM *et al*., 2003). Para minimizar esses problemas de contaminação, a síntese pode ser feita partindo-se de misturas de pós de fontes de alumina, constituídos por óxidos ou hidróxidos de alumínio e por fontes de sílica com maior pureza. Porém, são necessárias temperaturas superiores a 1650°C, pois misturas de

pós apresentam domínios da ordem de micrômetros (KANSAL *et al.,* 1997), o que diminui significativamente a cinética de reação e síntese.

Em se tratando dos métodos químicos utilizados na obtenção da mulita, todos consistem em se colocar íons alumínio e silício em contato íntimo, de preferência com a estrutura Al-O-Si já formada. Para isso, utilizam-se reações químicas entre diversos tipos de compostos. Com base na literatura, o método químico mais utilizado para produção de mulita é o método sol-gel (CHU *et al*.,1997; DONG *et al.*, 2019; ILIĆ *et al.*, 2020), que faz com que a temperatura mínima de formação de mulita seja inferior à temperatura utilizada pelos métodos convencionais.

O método sol gel é um método químico via úmida, o qual dispensa a utilização de alto vácuo e temperaturas elevadas, sendo considerada uma das técnicas mais flexível e promissora (HWANG *et al*., 2000). Na síntese de mulita pelo método sol-gel a temperatura de cristalização e as fases cristalizadas são influenciadas significativamente pelo tipo de solvente, fontes de silício e alumíniousados, a presença ou ausência de aditivos, etc. (CHEN E GU, 2009; CAMPOS *et al*., 2012; BRAGA *et al.*, 2019). Porém, percebe-se a necessidade de mais estudos envolvendo a síntese de mulita pelo método sol gel, que analisem a influência desses parâmetros na síntese.

Assim, este trabalho teve por objetivo a produção de mulita, pelo método sol gel, estudandoo efeito do tetrahidrofurano (THF) como solvente, e da concentração das soluções, nas características finais da fase.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a preparação da mulita foi estudado a influências do THF como solvente s e da concentração das soluções. Foram estudados dados da literatura (YOSHIDA *et al.*, 2010; ZHANG *et al*., 2009; KURAJICA *et al*., 2011) e analisado as quantidades dos reagentes usados na síntese de mulita pelo método sol gel. Comparando-se valores da literatura com os valores usados nesse trabalho, classificou-se as soluções como de baixa e alta concentração. As soluções foram realizadas da seguinte maneira: 100 ml do solvente THF foi aquecido a uma temperatura de 60°C sobre uma placade aquecimento. Então, foi adicionado à solução o TEOS e o nitrato de alumínio. Este sistema foi mantido sob refluxo durante 5 dias com agitação constante e

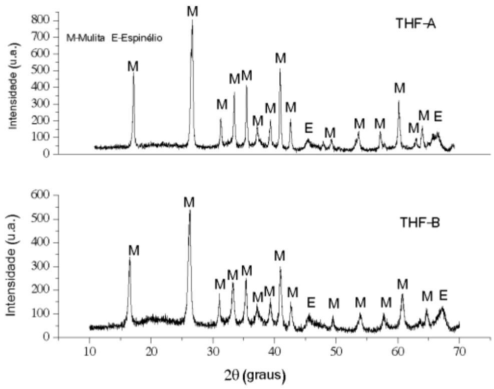
temperatura controlada em 60°C. Passados os 5 dias, a solução obtida foi mantida em estufa por mais 4 dias, também com temperatura controlada em 60°C, formando um gel. Passados os 4 dias na estufa, os géis obtidos foram calcinados a 450°C/2 horas, com taxa de aquecimento de 5°C/min. Em seguida, os pós obtidos foram desaglomerados, passados em peneira ABNT n°200 e calcinados na temperatura de 1200°C, durante 2 horas, com taxa de aquecimento de 5°C/min, para obtenção da fase mulita. As amostras obtidas foram denominadas de THF-B e THF-A, quando sintetizadas em baixa e alta concentração da solução, respectivamente.

Os pós de mulita obtidos da calcinação foram então submetidos às análises de difração de raios X (DRX) para identificação das fases formadas e cálculo da cristalinidade, e por análise termogravimétrica e diferencial (TG/ATD). A análise de DRX foi realizada em difratômetro de raios X modelo XRD-6000 da Shimadzu com radiação kα do cobre e varredura de 10 a 70º. Para identificação das fases utilizou-se o programa da Shimadzu (Pmgr) e o banco de dados JCPDF. A cristalinidade foi obtida no programa da Shimadzu Cristalinity o qual utilizou o coeficiente de correção de Lorentz, onde foi possível calcular o percentual de fase cristalina. A análise termogravimétrica e diferencial foi realizada em um analisador térmico, modelo TA-60, da Shimadzu, com taxa de aquecimento de 10°C/min, em atmosfera de ar, usando um cadinho de platina e faixa de temperatura do ambiente (25ºC) até a temperatura máxima de 1200ºC.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra os difratogramas de raios X das amostras THF-B e THF-A, que foram sintetizadas em baixa e alta concentração, respectivamente.

Figura 1. Difratogramas de raios X das amostras THF-B e THF-A.



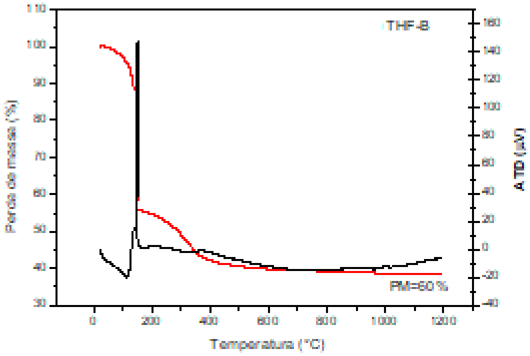
De acordo com os difratogramas da Figura 1, quando o THF é usado como solvente se observa a cristalização da mulita (ficha padrão JCPDS 15-0776), juntamente com uma discreta formação de espinélio Al1,9Si0,05O2,95 (ficha padrão JCPDS 37-1483), para ambas as amostras. Nota-se que a concentração não influenciou na formação das fases, porém, houve aumento na cristalinidade em alta concentração. A amostra sintetizada em baixa concentração (THF-B) obteve uma cristalinidade de 61,3 %, enquanto a amostra sintetizada em alta concentração (THF-A) obteve uma cristalinidade de 73,7 %.

Sola *et al.* (2006) também prepararam géis de mulita sob condições de refluxo durante 7 dias, porém, usando o álcool etílico como solvente. A formação da fase mulita foi observada em baixas temperaturas, 900°C, no entanto, elevados tempos de envelhecimento, 1 mês, foram necessários, o que vem de encontro as condições de síntese praticadas neste estudo, que indicam que o envelhecimento de no máximo 4 dias é suficiente para a formação da mulita, mas que temperaturas de calcinação mais elevadas são necessárias.

Braga *et al*. (2016) também estudaram o efeito do THF na síntese de mulita por outra rota sol gel. Nesse estudo, a alumina foi formada como fase majoritária, além de grande percentual de fase amorfa. O que evidencia a forte influência dos solventes e da rota síntese utilizada na formação de mulita.

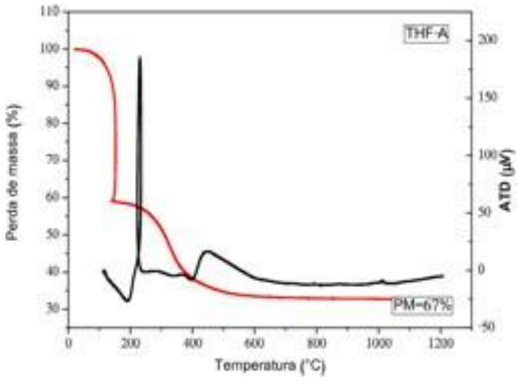
As Figuras 2 e 3 apresentam as curvas de TG e ATD das amostras THF-B e THF-A, que foram sintetizadas em baixa e alta concentração da solução, respectivamente.

Figura 2. Curvas de TG/ATD da amostra THF-B.



Fonte: Os Autores.

Figura 3. Curvas de TG/ATD da amostra THF-A.



Fonte: Os Autores.

Analisando a curva de TG da amostra THF-B, nota-se que a decomposição ocorreu em duas etapas. A primeira etapa ocorreu no intervalo de 50°C até 140°C, correspondendo a perda de água. A segunda etapa ocorreu no intervalo de 140°C até 500°C, referente a combustão de matéria orgânica e da decomposição dos precursores metálicos (TEOS e nitrato). A perda de massa dessa amostra foi de 60 %. A curva de ATD da amostra THF-B apresentou um pico exotérmico em aproximadamente 140°C. Esse pico é referente a formação da rede de ligações Si-O-Si e Al-O-Al, devido a rápida liberação do solvente THF. Esse comportamento também foi observado por Kansal (1997) ao sintetizar mulita, onde a perda do solvente ocasionou as reações das espécies, formando a rede de ligações Si-O-Al, em baixas temperaturas, fornecendo liberação de calor, interpretado por um pico exotérmico. A amostra THF-B também apresentou um discreto ombro exotérmico, em aproximadamente 400°C, atribuído a formação dos óxidos.

Analisando a curva de TG da amostra THF-A, percebe-se que a concentração não influenciou nos resultados, onde as amostras apresentaram aproximadamente as mesmas quantidades de perdas de massa, e as perdas são associadas com as

mesmas decomposições e faixas de temperaturas que se observou na síntese com baixa concentração. Observa-se apenas uma pequena diferença na curva de ATD da amostra THF-A, onde o pico exotérmico em torno de 400°C é mais intenso, devido a maior quantidade dos íons Al e Si, formando assim, mais óxidos.

4. CONCLUSÃO

O método sol-gel foi eficaz na obtenção de mulita usando o tetrahidrofurano como solvente. O uso do THF como solvente possibilitou a formação da mulita como fase majoritária, com baixo percentual de espinélio como segunda fase. As diferentes concentrações das soluções tiveram pouca influência nas características finais da mulita obtida, formando as mesmas fases cristalinas, com um leve aumento da cristalinidade ao se aumentar a concentração. As perdas de massa foram semelhantes, e as perdas foram associadas com as mesmas decomposições e em faixas de temperaturas, para todas as amostras analisadas.

REFERÊNCIAS

Aksay, L. A; Dabbs, D. M; Sarikaya, M. Mullite for structure, electronic, and optical applications. Journal of the American Ceramic Society, vol. 74, p.2343-2358, 1991.

Braga, A. N. S.; Santos, V. B.; Simões, V. N.; Neves, G. A.; Lira, H. L.; Menezes, R. R. Efeito do tetrahidrofurano como solvente na síntese de mulita pelo método Pechini. In: Congresso Brasileirode Engenharia e Ciência dos Materiais, Natal, 2016. Anais do 22° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2016.

Braga, A. N. S.; Simões, V. N.; Lira, H. L.; Neves, G. A.; Menezes, R. R. Influência do tipo de solvente na síntese de mulita pelo método Pechini. Cerâmica, vol. 65, p.388-393, 2019.

Campos, T.M.B.; Cividanes, L.S.; Brunelli, D.D.; Sakane, K.K.; Thim, G. P. Effect of ethylene glycol on the mullite crystallization. Journal of the European Ceramic Society, vol.32, p.835-842, 2012.

Chen, X.; Gu, L. Sol–gel dry spinning of mullite fibers from AN/TEOS/AIP system. Materials Research Bulletin, vol.44, p.865-873, 2009

Chu, L.; Tejedor-tejedor, M.I.; Anderson, M.A. Particulate sol-gel route for microporous silica gels,Microporous materials, vol.8, p.207-213, 1997.

Dokko, P. C.; Pask, J. A.; Mazdiyasni, K. S. High-temperature mechanical properties of mullite under compression. Journal American Ceramic Society, vol.60, p.150-155, 1977.

Dong, B.; Yang, M.; Wang, F.; Hao, L.; Xu, X.; Wang, G.; Agathopoulos, S. Novel fabrication processing of porous alumina/mullite membrane supports by combining direct foaming, sol-gel, andtape-casting methods. Materials Letters, vol. 240, p.140-143, 2019.

Hwang, K.; Song, J.; Kang, B.; Park, Y. Sol–gel derived hydroxyapatite films on alumina substrates.Surface and Coatings Technology, vol. 123, p. 252 – 255, 2000.

Ilić, S.; Babić, B.; Bjelajac, A.; Stoimenov, N.; Kljajević, L.; Marković, M. P.; Matović, B. Structural and morphological characterization of iron-doped sol-gel derived mullite powders. Ceramics International, vol. 46, p.13107-13113, 2020.

Iwahiro, T.; Nakamura, Y.; Komatsu, R.; Ikeda, K. Crystallization behavior and characteristics of mullites formed from alumina-silica gels prepared by the geopolymer technique acidic conditions. Journal of the European Ceramic Society, vol.21, p.2515-2519, 2001.

Jain, D. C. Mullite. American Ceramic Society Bulletin, vol.76, p. 118-118, 1997

Jaymes, I.; Douy, A.; Massiot, D.; Coutures, J.P. Characterization of mono and diphasic mullite precursor powders prepared by aqueous routes, Al and Si MAS-NMR spectroscopy investigations.Journal of Materials Science, vol.31, p.4581-4589, 1996.

Kanka, B.; Schneider, H. Sintering mechanisms and microstructural development of coprecipitatedmullite. Journal of Materials Science, vol.29, p.1239-1249, 1994.

Kansal, P.; Laine, R. M.; Babonneau, F. A processable mullite precursor prepared by reacting silicaand aluminum hydroxide with triethanolamine in ethylene glycol: structural evolution on pyrolysis.Journal of the American Ceramic Society, vol.88, p. 2597–2606, 1997.

Kim, J. W.; Lee, J. E.; Jung, Y. G.; Jo, C. Y.; Lee, J. H.; Paik, U. Synthesis behavior and

grain morphology in mullite ceramics with precursor pH and sintering temperature. Journal of MaterialsResearch, vol.18, p.81-87, 2003.

Kurajica, S.; Tkalcec, E.; Mandic, V.; Schmauch, J. Mullite crystallization kinetics of lanthanum doped sol-gel derived precursors. Journal of the European Ceramic Society, vol.31, p.377-383, 2011.

Mazel, F.; Gonon, M.; Fantozzi, G. Manufacture of mullite substrates from andalusite for the development of thin film solar cells. Journal of the European Ceramic Society, vol.22, p.453-461, 2002.

Montanaro, L.; Tulliani, M.; Perrot, C.; Negro, A. Sintering of industrial mullites. Journal of the European Ceramic Society, vol.17, p.1715-1723, 1997.

Osendi, M.I.; Baudin, C. Mechanical properties of mullite materials. Journal of the European Ceramic Society, vol.16, p.217-224, 1996.

Schneider, H.; Okada, K.; Pask, J. Mullite and mullite ceramics. New York: John Wiley & Sons, 1994.

Schneider, H.; Schreuer, J.; Hildmann, B. Structure and properties of mullite- A review. Journal ofthe European Ceramic Society, vol.28, p. 329-344, 2008.

Sola, E. R.; Torres, F. J.; Alarcon, J. Thermal evolution and structural study of 2:1 mullite from monophasic gels. Journal of the European Ceramic Society, vol. 26, p.2279-2284, 2006.

Yoshida, K.; Hyuga, H.; Kondo, N.; Kita, H. Synthesis of precursor for fibrous mullite powder by alkoxide hydrolysis method. Materials Science and Engineering B, vol.173, p.66-71, 2010.

Zhang, Y.; Ding, Y.; Gao, J.; Yang, J. Mullite fibres prepared by sol gel method using polyvinyl butyral. Journal of the European Ceramic Society, vol.29, p.1101-1107, 2009.

CAPÍTULO 04

EVALUATION OF THE ANTIOXIDANT POTENTIAL OF ADDITIVES FOR BIODIESEL PRODUCED FROM DIFFERENT PROCESSES

Jussara de Araújo Gonçalves
Project executorLead author
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Brasil
E-mail: jussara.quimica@unemat.br

Gisel Chenard Díaz
Collaboration in the execution of the work and elaboration of the article GREETEC Laboratory, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), RJ, Brazil
E-mail: gisemarina@yahoo.es

Yordanka Reyes Cruz
Responsible and Collaborator of the project, redaction the article GREETEC Laboratory, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), RJ, Brazil
E-mail: yordanka@eq.ufrj.br

Donato Alexandre Gomes Aranda
Coordinator of the Project Responsible for the Greentec laboratoryCollaboration in the analysis of samples
GREETEC Laboratory, Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), RJ, Brazil
E-mail: donato@eq.ufrj.br

ABSTRACT: Soybean oil, used widely by its availability and accessibility as the principal feedstock for biodiesel production in Brazil, presents high susceptibility to oxidation, since it has high levels of unsaturated fatty acids.[1] Use of a synthetic antioxidant, actually feasible and effective, could delay the onset ofoxidation or reduce its rate for esters derived from oils and fats, one of the major causes of not specified biodiesel in the Brazilian legislation. In order to collaborate with industry on the storage of biodiesel in Brazil, this study tested several additives (0 to 4000ppm) still underused or unused on the market for this purpose and compared them with an additive widely used in the food industry,the butylhydroxytoluene – BHT.[2-3] The research was divided in three steps. First step was established to verify the activities of pure additives and mixed with soybean biodiesel.[4] For that, it was also, three main transesterification routes used in the Brazilian biodiesel production scenario were also tested, varying the type of catalysts and washing, monitoring stability in long term storage, antioxidant kinetic study and evaluation of specification of the additivated biodiesel. Step 2 mixtures of better performance additives from the first stage were submitted to biodiesel produced by the bestprocess and evaluated in long-term storage tests, in the third stage blends of different types of biodiesel (soy with palm or tallow) were tested in proportions different. Results from step 1 showedthat process Company 1 is the less harmful to the activity of the tested additives, mainly during de first month of storage. Most of cases had Kerobit 3627, followed by Kerobit TP26, BHT and Keromet MD100. In tests comparing acid washing steps and types of raw material, the influence ofthese parameters on esters stability is clear. Less pure raw material (degummed oil) and less aggressive washing (Company 1 process) gave better results. In step 2, it was possible to obtain a blend of additives between Kerobit 3627 and Keromet MD100 (1: 1) capable

of conserving the esterfor more than 5 years when stored at 25 °C. Soybean biodiesel blends with palm or tallow, richer insaturated esters, seemed to be an interesting alternative, with a inferior effect in the stability comparing it to the additives. At low temperatures, content of saturated ester is a determinant factorin the oxidation stability. On the other hand, time of storage almost not influenced oxidation. Whenat highest temperatures of storage, the benefit effect of saturated esters amount is minimum, but thetime of storage is crucial to guarantee the integrity of the mixture.

KEYWORDS: Biodiesel, Oxidative stability, Kinetics, Molecular modeling.

RESUMO: O óleo de soja, amplamente utilizado por sua disponibilidade e acessibilidade como principal matéria prima destinada à produção de biodiesel no Brasil, apresenta grande suscetibilidade à oxidação, uma vez que possui altos teores de ácidos graxos insaturados.[1] O uso de um antioxidantesintético, realmente viável e eficaz, poderia adiar o início da oxidação ou diminuir sua taxa para os ésteres derivados de óleos e gorduras, uma das principais causas de biodiesel não especificado na legislação brasileira. No sentido de colaborar com o setor de estocagem de biodiesel no Brasil, o presente trabalho testou vários aditivos (0 a 4000ppm) utilizados no mercado para esse fim e comparou com um aditivo tradicional amplamente empregado no setor nacional, butilhidróxitolueno - BHT.[2-3] O estudo foi dividido em três etapas. A primeira foi estipulada para verificar a atividade antioxidante dos aditivos usados na forma pura e misturado ao biodiesel de óleo de soja.[4] Para isso,também foram testadas três principais rotas de transesterificação utilizadas no cenário brasileiro deprodução de biodiesel, variando tipo de catalisadores e lavagem, monitoramento da estabilidade a longo prazo e avaliação das especificações do biodiesel aditivado. A etapa 2 misturas entre aditivos de melhor performance da primeira etapa foram submetidas ao biodiesel produzido pelo melhor processo e avaliadas em testes de estocagem à longo prazo, na terceira etapa foram testados blends de tipos diferentes de biodiesel (soja com palma ou sebo) em proporções distintas. Os resultados obtidos na etapa 1 mostraram que o processo Empresa 1 é o menos prejudicial à atividade dos antioxidantes, durante o primeiro mês de estocagem. A maioria dos casos teve como melhor antioxidante o Kerobit 3627, seguido de Kerobit TP26, BHT e Keromet MD100. Em testes de comparação entre etapas de lavagem ácida e tipos de matéria prima, é nítida a influência desses parâmetros na estabilidade dos ésteres. Matéria prima menos pura (óleo degomado) e lavagem menos agressiva (processo Empresa 1) deram melhores resultados. Na etapa 2, foi possível obter um blend de aditivos entre Kerobit 3627 e Keromet MD100 (1:1) capaz de conservar o éster por mais de 5 anos quando conservado à 25°C. As misturas entre biodiesel de soja e os ricos em ésteressaturados, como palma e sebo, mostraram-se uma alternativa interessante, porém com um efeito na estabilidade inferior aos aditivos. Em temperaturas baixas, o teor de ésteres saturados é o fator determinante na estabilidade, ao passo que o tempo de estocagem pouco influi na oxidação. Já em temperaturas elevadas de armazenamento, o efeito benéfico da quantidade de ésteres saturados é mínimo, mas o tempo de estocagem é crucial para garantir a integridade da mistura.

PALAVRAS-CHAVE: Biodiesel, Estabilidade à oxidação, Cinética, Modelagem molecular.

1. INTRODUCTION

The consolidation of biodiesel on the world market as an alternative biofuel to diesel is increasingly evident over the years, both for the proven environmental benefits (in relation to fossilfuel) and for the viability of production through the various renewable sources that serve as feedstock. The fact that soybeans are the main raw material combined with the problems of logistics and storage of biodiesel constitutes an adequate scenario for targeted research in the storage of biodiesel that allows an increase in production for domestic supply and other markets. The sector, still little explored, strengthens the incentive for the development and application of synthetic compounds in biofuels.[5-8]

In the last five years, with the legal insertion of biodiesel in the energy matrix, the Brazilianproduction capacity has always been above what is necessary to meet the consumption of biofuel in the country. With the national energy market currently supplied with about 80 % biodiesel from soybean oil, with the problems of logistics, storage and harvests due to weather conditions, it is indisputable to investigate compounds with greater antioxidant activity (or lower concentrations) and at more affordable prices than compounds already applied on an industrial scale. In addition, there is a growing interest in guaranteeing production and taking advantage of the installed capacity for extra production of biofuel, since Brazil is able to produce biodiesel in quantities much higher than our demand, being able to supply the domestic market and even export.[9-10]

Antioxidants can prevent unwanted problems caused by biodiesel rancification, such as deposit formation due to precipitation, drop in engine performance, increased susceptibility to corrosion and decreased engine life. The application of commercially available compounds with other purposes and new additives that meet the legislation established by the ANP - National Agencyfor Petroleum, Natural Gas and Biofuels - for the specification of stability to oxidation of biodieselit can be important not only to avoid problems of rancification but also for diversification of the main raw material.[11]

In this research, three main biodiesel industrial production routes were adopted, the difference of which involves different raw materials, catalysts and washing steps, as well as contributing to the biodiesel storage sector in Brazil using the application of different economically viable and effective antioxidant additives for the biofuels market.

In addition, the dependence on soy basically as a monoculture supply for biodiesel production encouraged the study with biodieselmixtures of this oilseed with tallow, the second most explored raw material in the country, and with palm, which constitutes great potential for future markets.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 SCHEME OF EXPERIMENTS

The research initially focused to trace the behavior of six compounds with potential antioxidant activity for biodiesel, comparing them with a standard additive. Based on this premise, seven additives were individually tested with soybean oil biodiesel, varying their quality and the type of production process used, called Step 1 (Figure 1 flowchart). The antioxidant activity was monitored for 60 days at 45 °C in the storage stability test, the preliminary stage of the study. The results of the antioxidant activity of these compounds made it possible to design three subsequent substeps (called Steps 1.2, 1.3 and 1.4). Step 1.2 is the test of total contamination of samples with the additive more efficient in preventing oxidation. Step 1.3 involves the selection of the most active additive, as well as the least aggressive production process for biodiesel for the development of a kinetic study aiming to compare the antioxidant activity of the additive in different qualities of the same raw material. The test of influence of the presence of the additive on the properties of the mostproperly prepared biodiesel (Step 1.4) was carried out for 60 days, aiming to monitor the behavior of the biofuel when added.

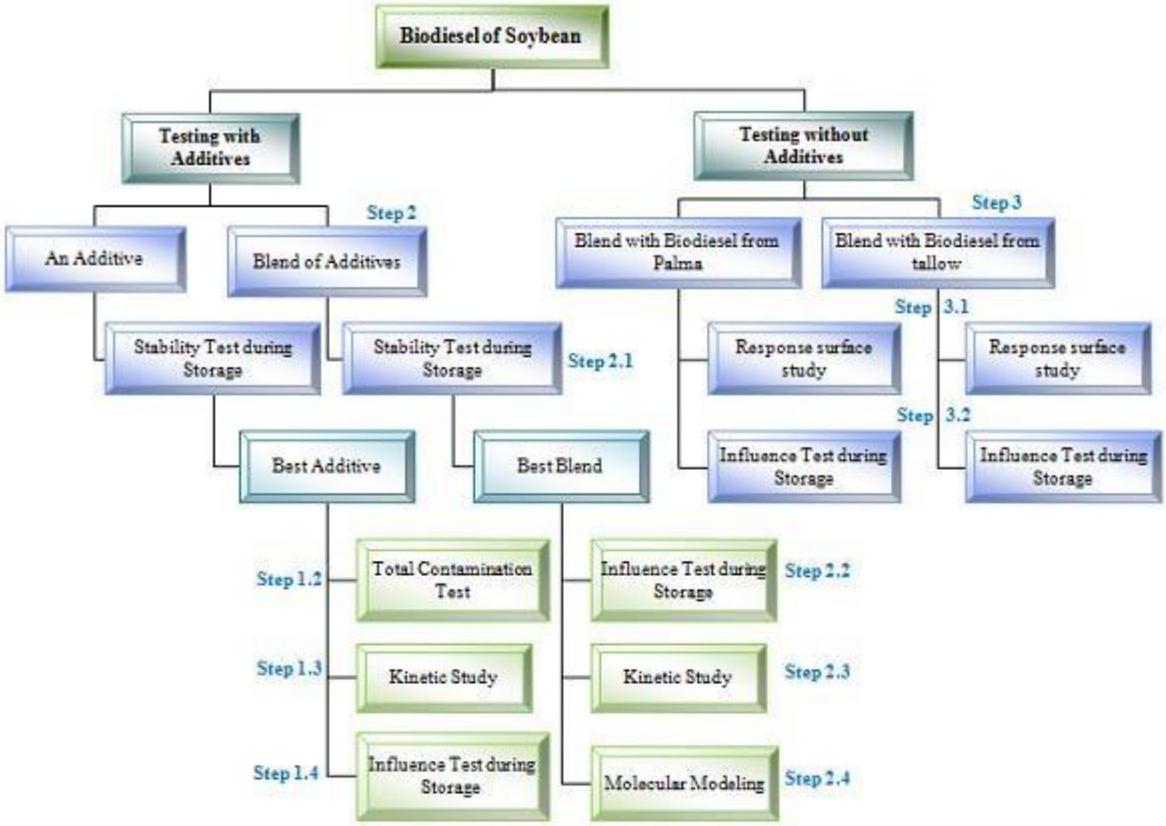
Once the best additive was detected, blends between 2 additives were produced for the studyof Step 2 (flowchart of Figure 1), aiming to increase the performance of the antioxidant activity andguarantee the specification of the biofuel. For this purpose, an influence test was performed on the presence of the blend of additives in biodiesel (Step 2.1), kinetic study (Step 2.2) and molecular modeling (Step 2.3). The latter is related to the development of computational calculations for understanding, at the molecular level, the antioxidant behavior of substances used as additives.

In addition to tests with performance chemicals, tests were also carried out on mixtures of different types of biodiesel, with the same aim of increasing the useful life

of soy biodiesel. Thus, raw materials with high commercial potential were used, the study of which was established in Step 3 (flowchart of Figure 1) through tests of influence on storage (Step 3.1) and the study of the response surface (Step 3.2).

The tested additives were BHT, Kerobit TP26, Kerobit 3627, Biodiesel Stabilizer N3627, Keromet MD100, Irgastab BD50 and Irgastab BD100. For the synthesis of biodiesel, commercial refined soybean oil, degummed soybean oil (Fertibom and Granol), methanol, potassium and sodium hydroxides, citric and hydrochloric acid were used.

Figure 1 – Scheme of experiments carried out.



2.2 SYNTHESIS OF BIODIESEL VIA DIFFERENT PROCESSES - STAGE 1

Were synthesized esters in three main transesterification routes used in the Brazilian biodiesel production scenario, which use alkaline transesterification of vegetable oil, varying the type of catalysts and washing. All of them use soy oil as raw material and methanol in the proportion of 35 % w/w of alcohol in relation to the oil. Potassium and sodium hydroxides were used as catalysts (0,75 % and 0,50 %, respectively).

For synthesis, all reactions were performed at room temperature and kept under mechanical agitation for 1 hour, in a closed system. After this period, the mixture was placed in a separating funnel for decanting the phases and separating biodiesel.

The washing step was then performed on the separate biodiesel, according to each process. For Company 1 and Company 3, 20 % by volume in relation to the mass of biodiesel from a 0,3 % citric acid solution (m/m in relation to the amount of biodiesel) were used. For the Company 2 process, the acid used was hydrochloric, at a concentration of 0,05 %. After adding the acid, the mixture was stirred in a separating funnel so that any residual base was neutralized. Again separated,the biodiesel was washed with 20 % hot water (m/m of biodiesel) until the washing water was transparent, on average 2 more times. After the separation process, the washed biodiesel was dried and heated to 110 °C under constant agitation.

2.3 STORAGE STABILITY TEST

The storage stability test was performed with samples with and without additive, stored at 45 °C for two months. Oxidation stability analyzes were performed during the storage period to monitor the activity of each additive.

Seeking a real understanding of how the antioxidant activity of the additive varies with time and how it affects other specifications, after defined and interspersed periods of storage, allows monitoring the behavior of the sample, before and after storage, with respect to the properties that can be altered with oxidation such as acidity, viscosity, ester content, iodine index, precipitate formation (total contamination) and color change.

Tests at different oxidation temperatures will be carried out in order to verify the kinetics ofthe antioxidant activity of an additive, develop an extrapolation method to obtain the induction period, apply the Arrhenius law to calculate activation energy and analyze how the constant of reaction rate of antioxidant consumption varies depending on the temperature for each type of raw material tested.

The storage stability test, as well as the oxidation stability analyzes performed in the storage influence test and kinetic study, are based on the standard EN 14112 (2003).

2.4 KINETIC STUDY

Kinetic studies were performed to establish the durability of the antioxidant effect of the additive (or additive blend) in biodiesel. The data were obtained from oxidation stability at different temperatures (from 100 °C to 120 °C), both for biodiesel from refined and degummed soybean oil, both compound with additives best antioxidant activity.

Different curves IP x Concentration, ln C_0 (initial concentration) x IP, ln k x 1/T, ln IP x T were plotted, in order to comply with the consumption kinetics of the additive in each different concentration. The methodological analysis procedure in the case of Step 1 (Best additive) was identical for the kinetic study of Step 2 (Best Blend), varying only the type of biodiesel and the antioxidant compound.

2.5 MOLECULAR MODELING

Once the compounds with greater oxidation stability were designated, they were modeled atthe molecular level in order to establish a link between structure-activity for potentially antioxidant m ;molecules. The electronic structures were calculated using the DFT density functional method, withthe Lee-Yang-Parr (VALE, 2011) correlation functional, the B3LYP. The 3-21G functions were used due to its 3 bases for Gaussian functions for calculating internal orbitals and the set of 2 bases plus1 for external orbitals. Parameters of boundary orbitals, ionization potential, electrostatic potential map and Mulliken charge distribution were calculated using the Gaussian 03W program and their results were visualized through the Gaussview interface for each of the modeled additives, the 3627, MD100, TP26 and BHT. The ionization potential of the molecule was obtained through the difference of energies between the radical cation of the molecule of the additive and its respective neutral species. The other parameters were calculated in the program for the most stable conformation, after optimization of the molecules.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The results for the stored samples of biodiesel from degummed soybean oil at

45 °C are described in Table 1. The oxidation stability values obtained for biodiesel from fresh refined soybean oil and stored at 45 °C, with and without additive, in semi-closed container for 1 and 2 months are shown in Table 2. The same was done for fresh biodiesel from degummed soybean oil, shown in Table 3, where MPI means improvement of the induction period (percentage in relation to white).

Due to the structural similarity, the concentrations for the TP26 additive are the same as for BHT, as this is already widely cited in the literature. For the other additives, the concentrations adopted followed a suggestion for use by the manufacturer BASF.

Table 1 – Oxidation stability values (h) for degummed biodiesel with degummed soybean oil, stored at 45 °C.

Antioxidants	Dosage in ppm		1st Month of Storage closed at 45 °C			2nd Month of Storage closed at 45 °C		
			Company 1	Company 2	Company 3	Company 1	Company 2	Company 3
BHT	Dose 1	100	1,34	7,31	4,06	0,83	7,05	4,36
	Dose 2	250	0,76	4,55	1,47	0	4,36	1,28
	Dose 3	500	2,5	5,76	1,81	2,94	4,65	1,86
Kerobit TP26	Dose 1	100	0,68	3,3	2,61	10,37	3,24	2,12
	Dose 2	250	0,64	3,9	1,88	9,02	3,34	1,77
	Dose 3	500	1,91	4,25	2,01	0,68	3,94	2,06
Kerobit 3627	Dose 1	50	1,63	5,09	2,04	1,91	4,5	1,83
	Dose 2	175	1,91	5,12	1,52	3,02	4,01	1,71
	Dose 3	300	3,09	4,75	1,95	2,62	4,33	1,51
Biodiesel Stabilizer N3627	Dose 1	50	1,47	2,26	1,26	1,84	2,15	1,41
	Dose 2	175	0,9	2,99	1,52	1,5	2,92	4,6
	Dose 3	300	1,06	3,32	3,63	19,87	3,02	3,03
Keromet MD100	Dose 1	50	3,79	2,97	1,89	6,46	2,75	1,85
	Dose 2	175	3,32	0,56	2,78	2,8	0,62	2,83
	Dose 3	300	4,18	5,94	1,59	2,59	5,24	1,19
Irgastab BD 50	Dose 1	50	2,68	4,84	3,02	3,37	4,76	2,89
	Dose 2	175	1,93	3,99	2,72	1,93	3,71	2,51
	Dose 3	300	1,36	4,79	2,73	15,41	4,15	2,43
Irgastab BD100	Dose 1	50	5,07	3,03	3,11	5,16	3,02	2,88
	Dose 2	175	1,61	6,88	3,43	2,49	3,83	3,18
	Dose 3	300	0,56	3,97	3,62	1,01	3,77	2,89

Table 2 – Oxidation stability values (h) for refined soybean oil biodiesel, additive or not (white).

Antioxidants	Dosage in ppm		Fresh Methyl Biodiesel						1st Month of Storage at 45 °C			2nd Month of Storage at 45 °C		
			Company 1	White	**Company 2**	White	**Company 3**	White	**Company 1**	**Company 2**	**Company 3**	**Company 1**	**Company 2**	**Company 3**
BHT	Dose1	100	5,65	5,28	4,80	4,53	6,75	6,27	4,90	0,62	0,55	4,83	1,02	0,62
	Dose 2	250	7,28	6,20	5,48	4,53	6,40	6,27	6,29	0,97	0,51	5,95	1,10	0,91
	Dose 3	500	7,19	5,28	6,06	4,53	8,37	6,27	2,93	1,08	0,48	0,61	0,89	0,73
Kerobit TP26	Dose1	100	6,01	4,39	4,39	4,53	8,38	6,27	4,18	0,43	0,53	4,01	0,61	0,65
	Dose 2	250	6,43	4,39	4,76	4,69	6,59	6,27	4,39	0,39	0,36	3,78	0,51	0,71
	Dose 3	500	8,95	4,39	5,45	4,69	6,86	6,27	2,87	0,81	0,63	2,15	0,72	0,58
Kerobit 3627	Dose1	50	11,76	4,39	5,05	4,69	6,66	6,23	4,29	1,14	0,90	3,84	1,62	0,62
	Dose 2	175	12,38	4,39	6,34	4,69	8,11	6,23	4,15	0,71	0,81	4,06	0,53	0,65
	Dose 3	300	13,47	4,39	7,31	4,69	10,74	6,23	5,39	0,75	0,89	4,48	0,67	0,76
Biodiesel Stabilizer N3627	Dose 1	50	5,04	5,03	4,75	4,90	6,24	6,23	3,94	2,60	0,51	2,43	3,61	0,49
	Dose 2	175	7,87	4,39	4,74	4,90	6,19	6,23	3,14	2,31	0,47	2,89	0,39	0,47
	Dose 3	300	7,52	4,39	4,98	4,90	6,12	6,23	6,26	2,76	0,59	3,83	0,45	0,49
Keromet MD100	Dose 1	50	5,08	5,03	3,94	4,90	5,76	5,92	4,93	0,69	0,45	4,86	1,42	3,53
	Dose 2	175	5,12	5,03	4,93	4,90	5,53	5,92	5,08	0,67	0,38	5,09	1,30	0,78
	Dose 3	300	5,04	5,03	4,90	4,90	4,74	5,92	4,36	0, 72	0.62	4,21	0,69	0,58

Table 3 – Oxidation stability values (h) for fresh biodiesel from degummed soybean oil, additive or not (white).

Antioxidants	Dosage in ppm		Company 1			Company 2			Company 3		
			Biodiesel Methyl Additivated	White	MPI (%)	Biodiesel Methyl Additivated	White	MPI (%)	Biodiesel Methyl Additivated	White	MPI (%)
BHT	Dose 1	100	5,5	5,75	-4,35	5,62	3,94	42,64	4,73	4,41	7,26
	Dose 2	250	7,78	5,75	35,30	5,16	3,94	30,96	4,85	4,41	9,98
	Dose 3	500	6,72	5,75	16,87	5,83	3,94	47,97	5,63	4,41	27,66
Kerobit TP26	Dose 1	100	6,2	5,74	8,01	4,36	4,4	-0,91	5,41	5,32	1,69
	Dose 2	250	6,38	5,74	11,15	4,78	4,4	8,64	5,75	5,32	8,08
	Dose 3	500	6,85	5,74	19,34	5,16	4,4	17,27	6,46	5,32	21,43
Kerobit 3627	Dose 1	50	6,04	4,94	22,27	5,18	4,4	17,73	5,73	6,13	-6,53
	Dose 2	175	7,15	4,94	44,74	5,91	4,4	34,32	5,91	6,13	-3,59
	Dose 3	300	8,4	4,94	70,04	6,76	4,4	53,64	7,19	6,13	17,29
Biodiesel StabilizerN3627	Dose 1	50	5,2	5,17	0,58	4,37	4,40	-0,68	4,26	6,13	-30,51
	Dose 2	175	6,1	5,17	17,99	4,03	4,40	-8,41	4,31	6,13	-29,69
	Dose 3	300	5,13	5,17	-0,77	4,39	4,40	-0,23	4,34	6,13	-29,20
Keromet MD100	Dose 1	50	6,46	5,75	12,35	8,91	3,94	126,14	4,89	4,89	0,00
	Dose 2	175	6,33	5,75	10,09	8,10	3,94	105,58	4,66	4,89	-4,70
	Dose 3	300	6,66	5,75	15,83	7,80	3,94	97,97	4,65	4,89	-4,91
Irgastab BD 50	Dose 1	50	7,33	7,19	1,95	4,55	5,03	-9,54	6,2	6,18	0,32
	Dose 2	175	8,52	7,19	18,50	6,36	5,03	26,44	5,78	6,18	-6,47
	Dose 3	300	7,7	7,19	7,09	6,01	5,03	19,48	6,31	6,18	2,10
Irgastab BD100	Dose 1	50	5,35	5,2	2,88	5,39	5,63	-4,26	6,15	6,18	-0,49
	Dose 2	175	4,81	5,2	-7,50	5,8	5,63	3,02	5,68	6,18	-8,09
	Dose 3	300	5,7	5,2	9,62	5,93	5,63	5,33	5,92	6,18	-4,21

3.1 KINETIC STUDY

The kinetic study was carried out with blend 1 in the proportion of formula 2 (which uses the least amount of 3627) and with blend 3 in the proportion of formula 1, according to the best activities presented throughout their storage. The kinetic data were obtained by adding the blend in refined (commercial) soy oil biodiesel via Company 1, under the conditions of analysis described in Step 1, in order to standardize the white sample.

Through the results, it was verified that the antioxidant 3627 when used in mixture with another additive, in the case of blend 1 mixed with MD100 and in the case of blend 3 with BHT, presented a lower kinetic constant value when compared to those of additive blends (Table 4).

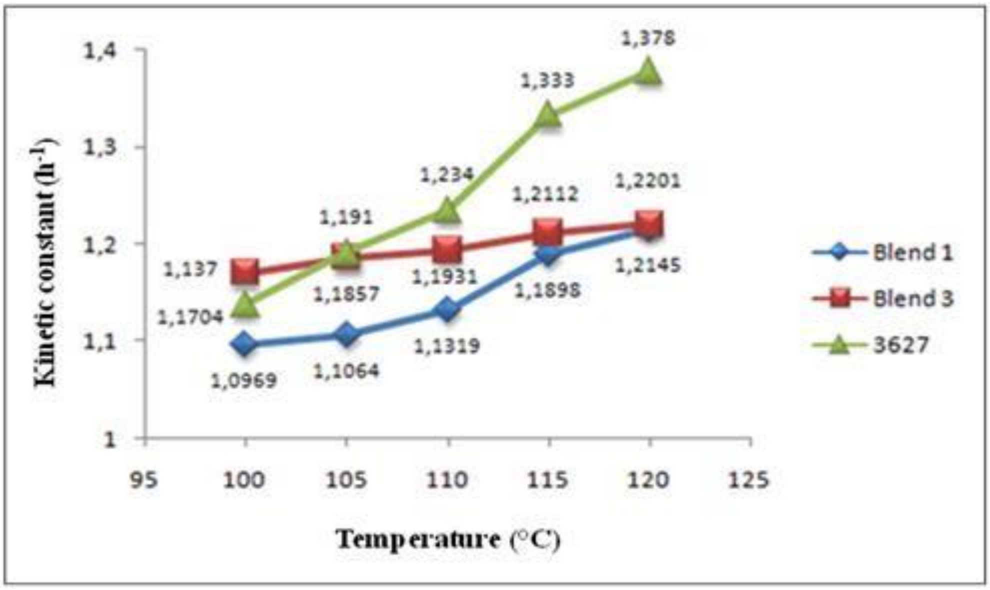
Table 4 – Values obtained from the kinetic study of blend additives 1 and 3.

Temperature (°C)		Blend 1 - Formula 2			Blend 3 - Formula 1	
	k	CCr	R^2	k	CCr	R^2
100	1,097	61,756	0,9934	1,170	57,271	0,9989
105	1,106	96,149	0,9938	1,186	84,622	0,9921
110	1,132	132,927	0,9933	1,193	98,760	0,9632
115	1,190	213,940	0,9957	1,211	213,427	0,9927
120	1,215	352,833	0,9933	1,220	363,361	0,9972

This shows that 3627 mixed with another additive had a lower antioxidant consumption rate than when used alone, as can be seen in Figure 2. That is, in their respective blends, MD100 and BHT can also compete with 3627 by the oxidizing radical. At 110 °C, for example, 3627 and its blend 3 has a kinetic constant k of 1,234 h^{-1} and 1,193 h^{-1}, respectively, while for blend 1 the constantk was equal to 1,132 h^{-1}.[12]

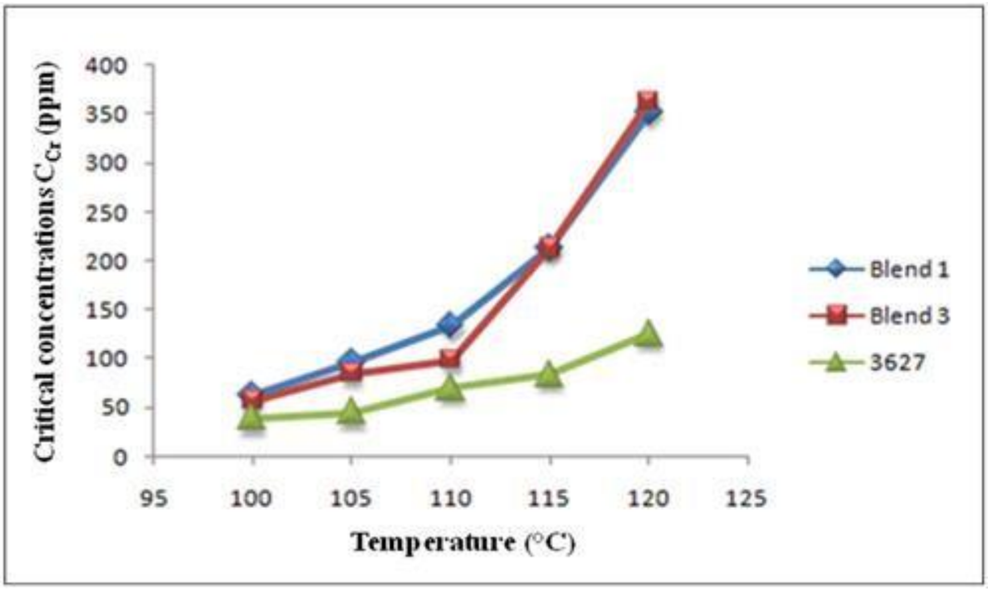
It is evident that the higher the temperatures, the higher the reaction rate of the additive or of its blend with the oxidizing agent to preserve the ester molecules from the oxidation process. All coefficients of determination (R^2) were greater than 0,96, demonstrating the high robustness and suitability of the models used to the experimental data (at 95 % confidence).

Figure 2 – Kinetic constant at different temperatures for each blend of additives compared to 3627 alone.



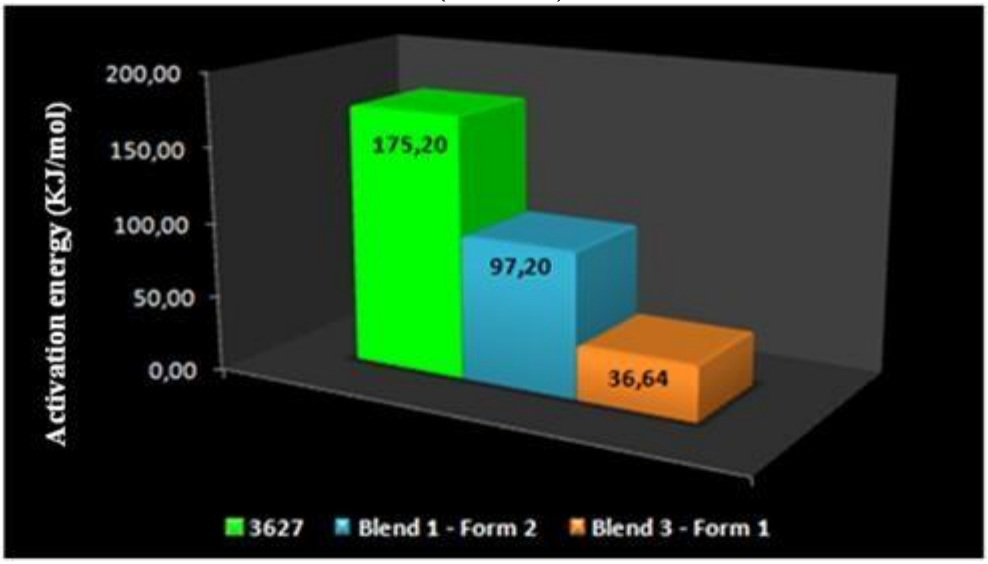
The critical concentration value, which measures the concentration of the additive or its blend at the end of the induction period, below which there is no antioxidant activity, was higher when 3627 was used alone due to competition from other additives used in blends. The higher the temperature, the greater the concentration of additive in the sample that remains inactive after the induction period for all cases (Figure 3). This can demonstrate the sensitivity (even some inactivation) of the additive blend with increasing temperature.

Figure 3 – Critical concentrations at the end of the induction period.



Through the Arrhenius equation to describe the temperature dependence with the reaction rate kinetic constant, it was possible to observe that both additive blends (1 and 3) decrease the activation energy in relation to the pure 3627 used (Figure 4) for BSR.

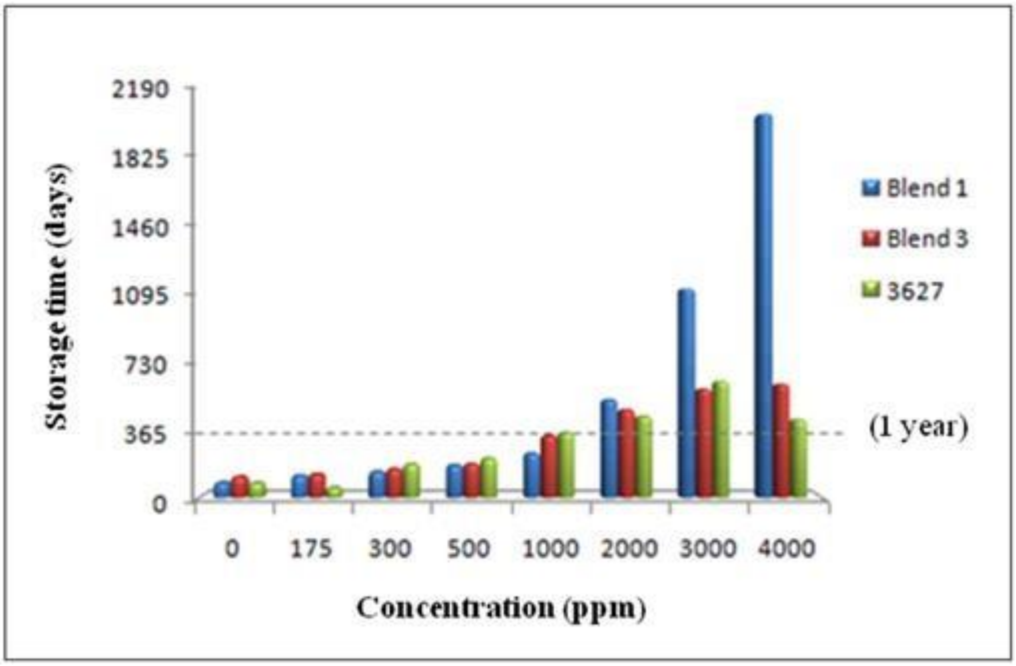
Figure 4 – Activation energy for BSR via Company 1 added with 3627, Blend 1 (formula 2) and Blend 3 (formula 1).



Blend 1 had an activation energy of 97,20 kJ / mol with R^2 0,9403, showing a reduction of 44,52 % when compared to the energy of the 3627 isolated. The same was observed for blend 3, withan activation energy of 36,84 kJ / mol and R^2 0,9865, which means a reduction of 78,97 %. The additive blends were able to reduce the thermo-sensitivity of biodiesel added with only 3627. However, blend 1 is more susceptible to degradation by high temperatures than blend 3, which is more resistant.

By the extrapolation method, the simulation of the stability behavior of the biodiesel added with blend 1 and blend 3 was carried out when stored at room temperature (25 °C). Figure 5 showshow the additive blends behaved in relation to additive 3627 alone, in 7 concentrations tested and comparing to the white called "0 ppm" (without additive).

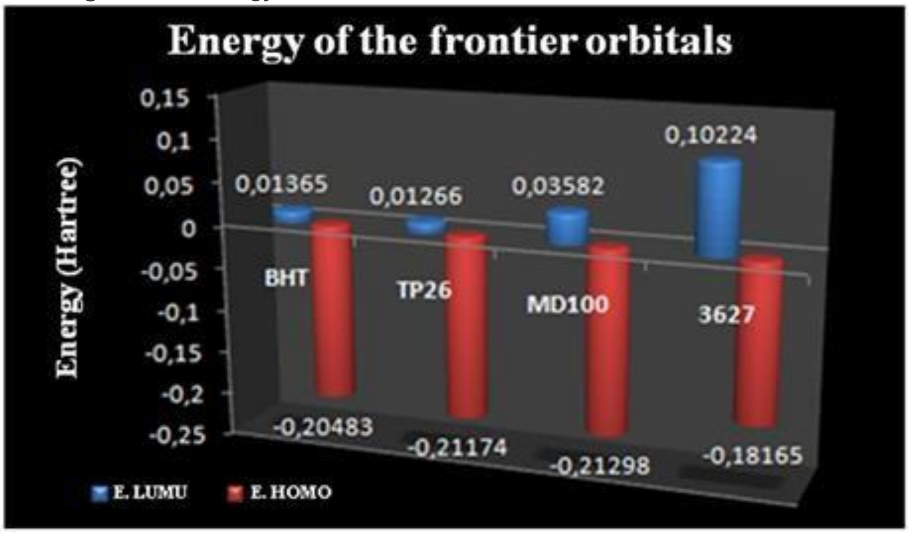
Figure 5 – Induction periods (in days) obtained by extrapolation for all used concentrations of additives 1 and 3 and 3627 blends.



3.2 MOLECULAR MODELING

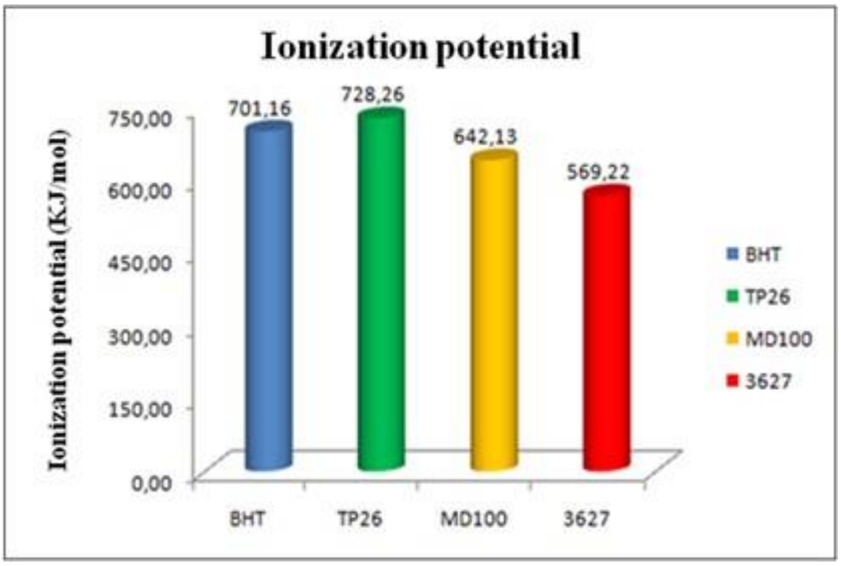
The energy of the lowest energy unoccupied molecular orbital (LUMO) represents the electronic affinity of a molecule or its reactivity as an electrophile.[13] This orbital is related to the ability to receive electrons, indicating in module that the greater or lesser its energy, the greater or lesser its electrophilic character, respectively.[14-15] Figure 6 shows the comparison of the LUMO energies (in module) of the additives.

Figure 6 – Energy of the frontier orbitals for molecules of additives.



The ionization potential shows that the additive 3627 has the lowest energy required to remove an electron (or hydrogen) from the molecule in the gaseous state, that is, in the oxidation reaction, the oxidizing agent can more easily capture the H of the additive from the than the H of the ester. This trend is also seen, to a lesser extent, for the MD100, BHT and TP26, respectively (Figure 7).

Figure 7 – Ionization potential for the best active additives.



4. CONCLUSIONS

The results obtained in this work show that some tested additives showed excellent antioxidant activity.

More efficient production process and washing step with organic acid such as that of Company 1 contributed positively to the performance of the additives. Likewise, less pure raw material, but richer in tocopherol, showed better interaction with the additives and less heat sensitivity than refined oil biodiesel.

Kerobit 3627, BHT, TP26 additives were highlighted for their high activity, the first being the one with the best performance. However, the long-term stability test revealed that the MD100 must also be evidenced by its behavior.

Despite high stability, the presence of the additive can interfere with other biodiesel specifications. Total contamination analyzes showed that only when the biodiesel added with the amine compound is stored cold (5 °C) or when the raw material has a higher purity content was it possible to reach compliance. These conditions, however, are costly.

To circumvent this inconvenience, a blend of additives was proposed with a lower kinetic constant than when the additive was used alone. Blend 1, which has always shown a tendency to increase stability with increasing concentration, allowed the combination of the high stability provided by the 3627 with the durability of the induction period caused by the MD100.

Computational calculations made it possible to verify the molecular characteristics that led to such behavior. The additive 3627 can donate and receive electrons more easily. In addition, it is able to interact more quickly with the oxidizing agent ($ROO^{\bullet}$), as it has less ionization energy. On the other hand, MD100 has the lowest Gap (H-L) and therefore interacts with other compounds in order to better stabilize them. When mixed, MD100 seems to act as a synergist for 3627, regenerating and stabilizing its formed radicals.

The development of additives and / or mixtures with greater antioxidant activity could provide an increase in production in the biodiesel industries, which currently do not operate at maximum capacity. This currently means an increase of approximately 2,16 million m^3 of biodiesel produced in surplus in just six months, which could be supplying other markets. For this, new investments in capacity expansion would not be necessary, as only 38 % of installed capacity in the country is used. The surplus biodiesel could be exported to countries whose production is insufficient or expensive, if the Brazilian government allowed equal competition with foreign markets.

An additive that was more efficient and economical would be highly appreciable

for the domestic market, which is basically supplied by oil with a high content of installation, such as soy,the main source of supply for the production of biodiesel.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ for the financial support and the GREENTEC Laboratory (UFRJ) for their support in the research.

REFERENCES

1. Jain, S., Sharma, M. P. Stability of biodiesel and its blends: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 667–678, 2010.

2. Ramalho, V.C.; Jorge, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos, Quím. Nova 4 (2006) 755–760.

3. Domingos, A.K.; Saad, E.B.; Vechiattto, W.; Wilheim, H.M.; Ramos, L.P. The influence of BHA, BHT and TBHQ on the oxidation stability of soybean oil ethyl esters (Biodiesel), J. Braz. Chem. Soc. 2 (2007) 416–423.

4. Cornell, J.A. Experiments with Mixtures — Designs, Models and the Analysis of Mixture Data, third ed. John Wiley and Sons, New York, 2002.

5. Ramos, L. P.; Kothe, V.; César-Oliveira. M. A. F.; Muniz-Wypych, A. S.; Nakagaki, S.; Krieger, N.; Wypych, F.; Cordeiro, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. Revista Virtual de Quimica, v.9 (1), p.317-369, 2017. DOI: https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170020

6. Ramos, L. P.; Kucek, K. T.; Domingos, K. A.; Wilhelm, H. M. Biodiesel, um projeto de sustentabilidade econômica e sócio-ambiental para o Brasil. Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento. Edição 31, julho/dezembro, 2003.

7. Santos, V. M. L.; Silva, J. A. B.; Stragevitch, L.; Longo, R. L. Thermochemistry of biodiesel oxidation reactions: A DFT study. Fuel. Vol. 90, 811-817, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.09.017

8. Santos, E. M. Avaliação da estabilidade oxidativa de óleo de soja contendo concentrações contrastantes de ácido linoléico, durante o processamento. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 2007.

9. Amaral, Daniel Furlan. Desmistificando o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel. A visão da indústria brasileira de óleos vegetais. ABIOVE - São Paulo, 2009.

10. Zhang, Y.; Dube, M. A.; McLean, D.D.; Kates, M. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. Bioresourse Technology 90:229–240, 2003. DOI: https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00150-0

11. ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), Boletim mensal do biodiesel, Brasília, DF, setembro 2019. Site de consulta: http://www.anp.gov.br/

12. Maia, E. C. R.; Borsato, D.; Moreira, I.; Spacino, K. R.; Rodrigues, P. R. P.; Gallina, A. L.; Study of the biodiesel B100 oxidative stability in mixture with antioxidants. Fuel Processing Technology. Vol. 92, 1750-1755, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.04.028

13. Sant´Anna, C. M. R. Métodos de modelagem molecular para estudo e planejamento de compostos bioativos: Uma introdução. Revista Virtual de Química, 1 (1), 49-57, 2009. DOI: https://doi.org/10.5935/1984-6835.20090007

14. Paula, F. R., Serrano, P. H. S., Tavares, L. C. Aspectos mecanísticos da bioatividade e toxicidade de nitrocompostos. Química Nova, vol. 32, n° 4, 1013-1020, 2009. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000400032

15. Scotti, L; Scotti, M. T.; Cardoso, C.; Pauletti, P.; Castro-Gamboa, I.; Bolzani, V. S.; Velasco, M. V. R.; Menezes, C. M. S.; Ferreira, E. I. Modelagem molecular aplicada ao desenvolvimento demoléculas com atividade antioxidante visando o uso cosmético. Brazilian Jounal of Pharmaceutical Sciences. v.43, n° 2, abr/jun, 2007.

CAPÍTULO 05

MÉTODO DA REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA APLICADO NA CALIBRAÇÃO DE SENSORES INERCIAIS

Camille Toscano Duarte
Bacharel
Endereço: Rua Dr. Herotides de Oliveira, 44, Niterói, Brasil
E-mail: camille.toscano@hotmail.com

Pedro Cunha Campos Roquette
Doutorado
Instituto de Pesquisas da Marinha – IpqM
Endereço: Rua Ipiru, 02, Ilha do Governador, Brasil
E-mail: pedroroquette2013@gmail.com

Carlos Renato Caputo Durão
Doutorado
Instituto de Pesquisas da Marinha – IpqM
Endereço: Rua Ipiru, 02, Ilha do Governador, Brasil
E-mail: renatodurao@yahoo.com.br

Kátia Goretti de Lima
Mestrado
Instituto de Pesquisas da Marinha – IpqM
Endereço: Rua Ipiru, 02, Ilha do Governador, Brasil
E-mail: katiagorettilima@gmail.com

Raquel Lima Oliveira
Doutorado Universidade Estácio de Sá
Endereço: Rua Eduardo Luiz Gomes, 134, Niterói, Brazil
E-mail: quell_2008@yahoo.com.br

RESUMO: Sistemas de Navegação Inercial (SNI) usam acelerômetros e giroscópios como principais sensores. Em um SNI, o cálculo da posição, velocidade e rumo de um veículo é realizado através do processamento dos sinais dos giroscópios e acelerômetros em um conjunto de equações diferenciais associados a matrizes de transformação de coordenadas. O desenvolvimento de tecnologias como fibra óptica, laser e sistemas Micro Eletro Mecânicos (MEMS), aliado ao GPS, tornaram populares esses sistemas de navegação e permitiram sua utilização em qualquer aplicação na qual informações de velocidade e posição são necessárias. Entretanto, o desempenho de um SNI depende da qualidade dos sensores usados. Uma boa calibração, portanto, melhora a exatidão das leituras dos sensores inerciais e consequentemente o desempenho do SNI. O trabalho desenvolvido apresenta o estudo de um procedimento de calibração de acelerômetros e giroscópios além de um estudo sobre aplicações do método de Regressão Linear Múltipla nesta calibração. A aplicação do método nos modelos dos sensores inerciais resultou na melhoria dos seus sinais e, consequentemente, no desempenho do SNI.

PALAVRAS-CHAVES: Sensores inerciais, calibração de acelerômetros, calibração

de giroscópios.

ABSTRACT: Inertial Navigation Systems (NIS) use accelerometers and gyroscopes as main sensors. In a NIS, the calculation of a vehicle's position, velocity and heading is performed by processing the signals from gyros and accelerometers into a set of differential equations associated with coordinate transformation matrices. The development of technologies such as fiber optics, laser and MicroEletroMechanical Systems (MEMS), together with GPS, made these navigation systems popular and allowed their use in any application where speed and position information are required. However, the performance of a NIS depends on the quality of the sensors used. A good calibration therefore improves the accuracy of the inertial sensor readings and consequently the performance of the NIS. The work developed presents the study of a calibration procedure for accelerometers and gyroscopes in addition to a study on applications of the Multiple Linear Regression method in this calibration. The application of the method in the inertial sensor models resulted in theimprovement of their signals and, consequently, the performance of the NIS.

KEYWORDS: Inertial sensors, accelerometer calibration, gyro calibration.

1. INTRODUÇÃO

Sistemas de navegação que obtêm informações a partir de redes de satélites enfrentam problemas como a frequente perda de sinal. Uma alternativa é o uso de sistemas de navegação inercial (SNI), que não precisam de informações externas para fornecer os dados de navegação. Eles fornecem parâmetros como velocidade, posição, rumo e atitude do veículo a partir da integração dos sinais de saída dos acelerômetros e giroscópios. Entretanto, o desempenho desse sistema depende da qualidade dos sensores usados, e os acelerômetros e giroscópios, como qualquer sensor, apresentam erros nas suas medidas que precisam ser estimados e compensados.

O presente artigo descreve primeiro a modelagem matemática dos acelerômetros e giroscópios e em seguida mostra a aplicação de um procedimento de calibração desses sensores inerciais para determinar os parâmetros dos seus modelos para uso em sistemas de navegação inercial. A metodologia descrita para essa caracterização é fundamentada na regressão linear múltipla.

O artigo termina com algumas análises e discussões sobre a melhora no desempenho dos sensores inerciais e, consequentemente, no desempenho do navegador depois da aplicação do método de regressão múltipla.

2. MODELO DOS SENSORES INERCIAIS

Os modelos de transdução dos acelerômetros relacionam os valores de entrada e saída desses sensores. Assim, os modelos desses sensores relacionam, respectivamente, os sinais medidos, acrescidos de erros, com as reais acelerações lineares do veículo. Os principais componentes de erros são fator de escala, *bias*, desalinhamento e ruído.

Para melhor conhecimento, os modelos de transdução apresentados no presente artigo são de sensores com a saída dos dados digitalizados, que não precisam de conversão para unidades de engenharia, o que resulta em um modelo simplificado. O modelo dos acelerômetros é mostrado, na Eq. (1).

$$a_{Lx} = k_{Ax}\left(a_x + a_{Bx} + \alpha_{Axy}\, a_y + \alpha_{Axz}\, a_z + W_{Ax}\right) \qquad (1)$$

Sendo a_{Lx} a aceleração lida pelo sensor no eixo x; k_{Ax} o fator de escala do acelerômetro do eixo x; a_x, a aceleração no eixo x materializada na carcaça da UMI; a_{Bx} aceleração de *bias* do acelerômetro x; α desalinhamentos entre os eixos do bloco e o eixo de leitura do acelerômetro x; e W_{Ax} o ruído no eixo x.

A aceleração a_x é a informação do sensor inercial que será integrada no algoritmo de navegação. Para obtê-la a partir das leituras dos sensores, os parâmetros dos modelos de transdução precisam ser estimados.

3. ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS

A regressão múltipla é aplicada para estimar os parâmetros do modelo de transdução dos acelerômetros.

Na Eq. (1), a_{Lx} é a variável dependente; a_x, a_y, a_z são as variáveis independentes e conhecidas; k_{Ax}, a_{Bx}, α_{Axy}, α_{Axz} são os parâmetros que serão estimados; e w_{Ax} é o termo estocástico. Então, quando esse modelo é estimado, a componente de ruído w_{Ax} é eliminado e a equação fica da seguinte maneira:

$$\hat{a}_{Lx} = k_{Ax}\left(a_x + a_{Bx} + \alpha_{Axy}\, a_y + \alpha_{Axz}\, a_z\right) \qquad (2)$$

Visto que o fator de escala k_{Ax} multiplica todos os outros parâmetros, faz-se uma mudança de variáveis. Reescrevendo, tem-se:

$$\hat{a}_{Lx} = c_1 a_x + c_2 + c_3 a_y + c_4 a_z \qquad (3)$$

Nessa modelagem, a_x, a_y, a_z são independentes, entradas reais e conhecidas. A aceleração da gravidade local é conhecida, assim como o valor da latitude. Uma mesa de teste é montada no laboratório mecanicamente referenciada com a vertical local e a direção norte geográfica. Portanto, quando um acelerômetro é montado sobre esta mesa, é possível calcular o valor da componente da componente da aceleração da gravidade na direção do seu eixo da leitura âlx é a variável dependente correspondente à leitura do sensor.

Para estimar os valores dos parâmetros do modelo será usado o método dos mínimos quadrados.

Para uma observação qualquer "i" de um teste, o resíduo é definido segundo a

Eq. (4):

$$res = c_1 a_{xi} + c_2 + c_3 a_{yi} + c_4 a_{zi} - a_{Lx} \quad (4)$$

Então, a soma do quadrado dos resíduos é:

$$L = \sum_{i=1}^{n} (c_1 a_{xi} + c_2 + c_3 a_{yi} + c_4 a_{zi} - a_{Lx})^2 \quad (5)$$

Para determinar os coeficientes c_1, c_2, c_3 e c_4, deriva-se parcialmente L em relação a cada coeficiente. O sistema de equações resultante é mostrado na Eq. (6), e sua solução fornece as estimativas dos valores dos coeficientes.

$$\begin{bmatrix} \sum a_{xi}^2 & \sum a_{xi} & \sum a_{xi}a_{yi} & \sum a_{xi}a_{zi} \\ \sum a_{xi} & n & \sum a_{yi} & \sum a_{zi} \\ \sum a_{xi}a_{yi} & \sum a_{yi} & \sum a_{yi}^2 & \sum a_{yi}a_{zi} \\ \sum a_{xi}a_{zi} & \sum a_{zi} & \sum a_{yi}a_{zi} & \sum a_{zi}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum a_{xi}a_{Lxi} \\ \sum a_{Lxi} \\ \sum a_{yi}a_{Lxi} \\ \sum a_{zi}a_{Lxi} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Fazendo uma mudança inversa de variáveis, podemos calcular os parâmetros do sensor a serem estimados ao final da calibração (k_{Ax}, a_{Bx}, α_{Axy}, α_{Axz}).

Depois de levantar os parâmetros e sabendo-se que o resíduo é a diferença entre o valor real e o valor lido, tem-se a leitura do sensor com os erros estimados.

Vale ressaltar que uma UMI possui três acelerômetros e três giroscópios, então o procedimento descrito para a análise do acelerômetro x é repetida para os acelerômetros dos eixos y e z. A análise dos giroscópios é feita de maneira similar, e seu modelo de transdução é apresentadona Eq. (7).

$$\omega_{Lx} = k_{Gx}(\omega_x + \omega_{Bx} + \alpha_{Gxy}\omega_y + \alpha_{Gxz}\omega_z + W_{Gx}) \quad (7)$$

4. MODELO INVERSO

Para os cálculos de velocidade, posição, rumo e atitude do veículo, o que importa no algoritmo de navegação são as acelerações reais (a_x, a_y, a_z) e velocidades angulares reais (ω_x, ω_y, ω_z). Para obter esses valores reais, os modelos de transdução dos sensores com os erros estimados são agrupados matricialmente, e o modelo inverso é obtido isolando o termo com as acelerações reais, conforme Eq. (8):

$$\begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & c_3 & c_4 \\ c_7 & c_5 & c_8 \\ c_{11} & c_{12} & c_9 \end{bmatrix}^{-1} . \begin{bmatrix} a_{Lx} - c_2 \\ a_{Ly} - c_6 \\ a_{Lz} - c_{10} \end{bmatrix} \quad (8)$$

O mesmo se aplica para calcular as velocidades angulares reais. Dessa forma,

$$\begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{13} & c_{15} & c_{16} \\ c_{19} & c_{17} & c_{20} \\ c_{23} & c_{24} & c_{21} \end{bmatrix}^{-1} . \begin{bmatrix} \omega_{Lx} - c_{14} \\ \omega_{Ly} - c_{14} \\ \omega_{Lz} - c_{22} \end{bmatrix} \quad (9)$$

5. ESTUDO DE CASO

Para avaliar a eficácia do método de regressão múltipla aplicado na calibração de sensores inerciais, realizamos testes estáticos multiposições com uma mesa simuladora de movimentos com uma UMI modelo PRIMUS 300. Essa UMI é composta por três acelerômetros do tipo MEMS com resolução de 100 microgravidade e três giroscópios do tipo HRG com resolução de 1 grau por hora. Os resultados dessas simulações são apresentados nessa seção.

5.1 PROCEDIMENTO DE TESTE

A mesa simuladora de movimentos possui dois eixos de rotação e é usada para posicionar a UMI em 24 ângulos diferentes. Em cada ângulo de posicionamento, cada acelerômetro mede um componente da aceleração da gravidade e cada giroscópio mede um componente da velocidade angular da Terra.

Portanto, os componentes da aceleração da gravidade e da velocidade angular da Terra são as variáveis independentes da modelagem da Regressão Linear e os sinais de leitura dos acelerômetros e giroscópios em cada posição serão as variáveis dependentes com um comportamento estocástico devido ao ruído dos sinais dos sensores.

Para que se conheça com exatidão os valores das acelerações e velocidades angulares em cada posição, é necessário que sejam levantados os valores de $\vec{g}$ e "latitude" local. Para isso, a mesa simuladora de movimentos deve ser montada com um de seus eixos alinhado com a direção Leste-Oeste e nivelada com a horizontal local. A resolução de posicionamento nos dois eixos da mesa é de 0,0001º.

Uma vez fixada a UMI, em cada posição de teste, após a estabilização do

simulador, são lidos os sinais de aceleração (a_{Lx}, a_{Ly}, a_{Lz}) e velocidade angular (ω_{Lx}, ω_{Ly}, ω_{Lz}) dos sensores. A aquisição de dados é feita durante dois minutos. Ao final, o *software* de aquisição cria um arquivo com valores médios e desvios padrões de cada uma das 24 posições correspondendo aos sinais de leitura dos sensores. Esse procedimento é repetido dez vezes para a caracterização estatística das estimativas obtidas.

Através dos ângulos da mesa e sabendo a latitude e o valor da gravidade local, calcula-se os valores referência de aceleração e velocidade angular.

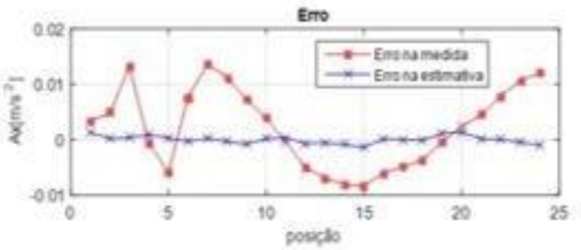
Com esses dados, aplica-se o procedimento descrito na seção 3 para levantamento dos parâmetros dos modelos de transdução dos acelerômetros e giroscópios.

Na Eq. (8), as componentes de aceleração da gravidade em cada posição de teste correspondem a a_x, a_y e a_z, e os sinais medidos pelos acelerômetros em cada posição correspondem a $\hat{a}_{Lx}$, $\hat{a}_{Ly}$, $\hat{a}_{Lz}$.

Na Eq. (9), as componentes de velocidade angular da Terra em cada posição de teste correspondem a ω_x, ω_y e ω_z, e os sinais medidos pelos giroscópios em cada posição correspondem a $\hat{\omega}_{Lx}$, $\hat{\omega}_{Ly}$, $\hat{\omega}_{Lz}$.

6. RESULTADOS

A Fig. 1 (a) apresenta a análise dos resíduos do acelerômetro x antes (erro na medida) e depois da calibração (erro na estimativa). O erro na medida é a diferença entre o valor lido pelo acelerômetro x (a_{Lx}) e a aceleração de entrada real (a_x), enquanto o erro na estimativa é a diferença entre o valor lido pelo acelerômetro após a aplicação dos coeficientes de calibração e a aceleração de entrada real.

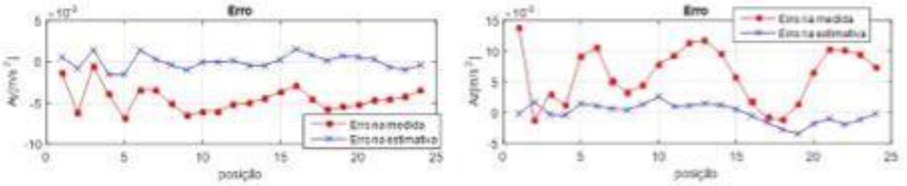


Erro	Média	Desv. pad.	Vpp
Medida	0.0021572	0.0071921	0.021929
Estimativa	1.6942e-16	0.00071684	0.0027265

A análise é realizada a partir da média e do desvio padrão dos erros obtidos com a calibração. A média do erro depois da calibração é consideravelmente menor do que a obtida antes da calibração, devido principalmente à correção do *bias*. O desvio padrão também é menor, o que significa que os dados estão menos dispersos em relação à média.

Resultados semelhantes foram obtidos para os acelerômetros y e z, como mostram as Figuras 1 (b) e (c).

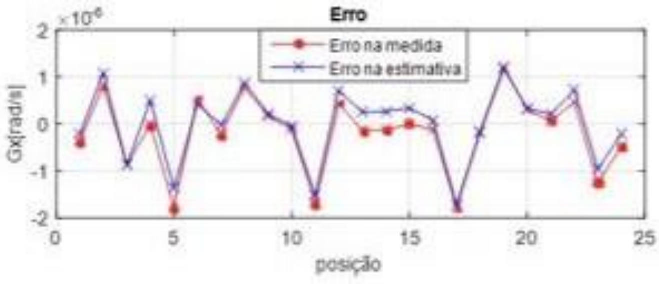
Figure 1 - Resíduo dos acelerômetros: (a) eixo x. (b) eixo y, (c) eizo z.



Erro	Média	Desv. pad.	Vpp
Medida	-0.0045473	0.0015425	0.0063695
Estimativa	-2.331e-16	0.00086172	0.0031091

Erro	Média	Desv. pad.	Vpp
Medida	0.0062495	0.0045053	0.01526
Estimativa	6.4185e-17	0.0015276	0.0060406

A Fig. 2 (a) apresenta a análise dos resíduos do giroscópio x antes (erro na medida) e depois da calibração (erro na estimativa). O erro na medida é a diferença entre o valor lido pelo giroscópio x (ω_{Lx}) e a velocidade angular de entrada real (ω_x), enquanto o erro na estimativa é a diferença entre o valor lido pelo giroscópio após a aplicação dos coeficientes de calibração e a velocidade angular de entrada real.

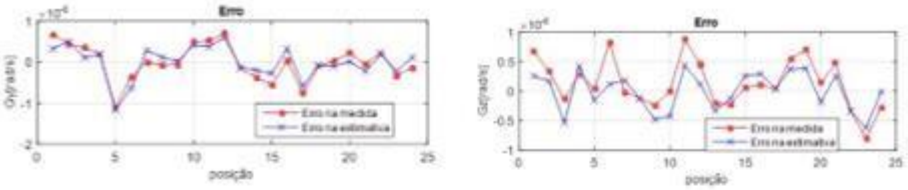


Erro	Média	Desv. pad.	Vpp
Medida	-1.8133e-07	7.9847e-07	2.9936e-06
Estimativa	9.6615e-21	7.8223e-07	2.8864e-06

A análise também é realizada a partir da média e do desvio padrão dos erros obtidos com a calibração. Mas, diferente do que é observado nos gráficos dos acelerômetros, os resultados apresentados no gráfico do giroscópio x não indicam uma

diferença significativa depois da calibração. Isso se deve ao fato de que as entradas de velocidades angulares são muito pequenas, próximas da intensidade dos ruídos dos giroscópios.

Resultados semelhantes foram obtidos para os giroscópios y e z, como mostram as Figuras 2 (b) e (c).



Erro	Média	Desv. pad.	Vpp
Medida	-6.9503e-09	4.4277e-07	1.8152e-06
Estimativa	-1.6499e-21	4.0052e-07	1.7627e-06

Erro	Média	Desv. pad.	Vpp
Medida	1.3243e-07	4.1261e-07	1.6792e-06
Estimativa	4.7999e-21	3.2404e-07	1.0525e-06

7. CONCLUSÃO

Verificou-se que o método de regressão linear múltipla pode ser aplicado na calibração de acelerômetros e giroscópios em um procedimento de teste tipo multiposições.

A aplicação dos resultados de calibração utilizando-se o método de regressão linear múltipla resultou na melhora do desempenho dos acelerômetros e giroscópios calibrados, ou seja, diminuiu o erro dos sinais dos sensores inerciais, o que leva a uma melhora no desempenho da UMI e consequentemente uma melhora no navegador, visto que os erros de posição vão propagar-se mais lentamente.

A partir da análise dos resíduos dos sensores no estudo de caso apresentado, foi comprovado que a metodologia é aplicável a esse tipo de modelagem e que o método de regressão múltipla é eficiente.

REFERÊNCIAS

A. DURÃO, C. R. C. Utilização de Unidades de Medidas Inerciais baseadas em Sistemas Microeletromecânicos em Navegadores Integrados. 2009. 183 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

B. ROQUETTE, P. C. C. Metodologia para Determinação da Confiabilidade Metrológica de Sistemas Inerciais sob um Perfil Dinâmico Aplicado. 2005. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia)-Departamento de Engenharia Mecânica, PUC, Rio de Janeiro, 2005.

C. ROQUETTE, P.; DURÃO, R. A Methodology for Calculus of Inertial Navigation Parameters Standard Uncertainties. 12th Conference on Integrated Navigation Systems. Saint Petersburg International : SPb: CSRI Electropribor. 2005.

D. IEEE STD-1554: IEEE Recommended Practice for Inertial Sensors Test Equipment, Instrumentation, Data Acquisition and Analysis. Gyro and Accelerometer Panel of the IEEE Aerospace and Electronic Systems Society. 2005.

E. TITTERTON, D.; WESTON, J. Strapdown Inertial Navigation Technology. Eastbourn: Peter Peregrinus Ltd, 1997.

CAPÍTULO 06

DESEMPEÑO FOTOELETROQUÍMICO DE NANOESTRUCTURAS DE NIOBIO OBTENIDAS POR ANODIZACIÓN: EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE GLICEROL

Janice Adamski
Doutora em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500 Campus do Vale, Setor IV, CEP: 91501-970 - Porto Alegre - RS – Brasil
E-mail: janice_adki@hotmail.com

Leonardo Marasca Antonini
Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500 Campus do Vale, Setor IV, CEP: 91501-970 - Porto Alegre - RS – Brasil
E-mail: leomantonini@gmail.com

Melisa Olivera
Engenheira Química pela Universidad de la República - UDELAR
Instituição: Universidad de la República - UDELAR
Endereço: Av. General Flores 2124, Laboratorio de Fisicoquímica de Superficies, Facultad de Química, Montevideo, Uruguay
E-mail: olivera.melisa@gmail.com

Cesar Aguzzoli
Doutor em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Instituição: Universidade de Caxias do Sul – UCS
Endereço: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Petrópolis, CEP: 95070-560 - Caxias do Sul/RS–Brasil
E-mail: caguzzol@ucs.br

Roberto Hübler
Doutor em Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Instituição: Pontifícia Universidade Católia do Rio Grande do Sul – PUC-RS
Endereço: Av. Ipiranga, 6681, Lab. Materiais e Nanociências, Prédio 96A - TECNOPUC. C.P. 1429, CEP: 90619-900, Porto Alegre - RS –Brasil
E-mail: hubler@pucrs.br

Andrea De León
Doutora em Química pela Universidad de la República - UDELAR
Instituição: Universidad de la República - UDELAR
Endereço: Av. General Flores 2124, Laboratorio de Fisicoquímica de Superficies, Facultad de Química, Montevideo, Uruguay
E-mail: adeleon@fq.edu.uy

Juan Bussi
Doutor em Catálise Química pela Universidad Louis Pasteur, França
Instituição: Universidad de la República - UDELAR
Endereço: Av. General Flores 2124, Laboratorio de Fisicoquímica de Superficies, Facultad de Química, Montevideo, Uruguay
E-mail: jbussi@fq.edu.uy

Célia de Fraga Malfatti
Doutora em Ciências dos Materiais pela Universite Paul Sabatier, UPS, França.
Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500 Campus do Vale, Setor IV, CEP: 91501-970 - Porto Alegre/RS – Brasil
E-mail: célia.malfatti@ufrgs.br

RESUMEN: Se han realizado muchos estudios sobre el comportamiento de nanotubos de dióxido de titanio (TiO_2) para aplicaciones fotocatalíticas. Sin embargo, se han reportado pocos estudios involucrando metales como niobio (Nb). Los óxidos de niobio presentan propiedades catalíticas muy similares a las del TiO_2, con la ventaja de que Brasil concentra el 96 % de las reservas mundiales de Nb. Procesos que utilizan técnicas electroquímicas como anodización han sido empleados para la obtención de sólidos nanoporosos en metales. En este estudio, las muestras de metales de niobio fueron anodizadas a 90V durante 90 minutos. El electrolito utilizado en la anodización fue una mezcla de glicerol, NH_4F y agua. Las muestras anodizadas fueron tratadas térmicamente a 450°C en atmósfera de N_2 por 60 minutos. La caracterización estructural fue realizada por difracción de rayos-X y microscopía electrónica de barrido. El desempeño fotoelectroquímico fue evaluado mediante ensayos de fotocorriente en solución de KOH 0,1 M con diferentes concentraciones de glicerol: 0,1 M y 0,2 M. Se constató la presencia de nanotubos de óxido de Nb luego de la anodización, lo que puede haber contribuido a mejorar el desempeño fotoelectroquímico de los sistemas evaluados. La adición de glicerol a la solución de KOH 0,1 Mcontribuye al aumento del desempeño fotoelectroquímico.

PALABRAS CLAVE: Niobio, nanotubos, anodización, desempeño fotoelectroquímico, fotocorriente.

ABSTRACT: Many studies have been performed about the behavior of TiO_2 nanotubes for photocatalytic applications. However, few studies have been reported involving metals such as niobium. Niobiumoxides have catalytic properties very similar to those of TiO_2, with the advantage that Brazil concentrates 96% of world reserves of Nb. Processes that use electrochemical techniques such as anodization, have beenused to obtain nanoporous solids in metals. In this study, the niobium metal samples were anodized at 90V for 90 minutes. The electrolyte used in the anodization was a mixture of glycerol, NH_4F and water. The anodized samples were thermallytreatedat 450°C in a N_2 atmosphere for 60 minutes. The structural characterization was carried out by X-ray diffractionand scanning electron microscopy. The photoelectrochemical performance was evaluated by photocurrent tests in 0.1 M KOH solution with different concentrations of glycerol: 0.1 M and 0.2 M. The presence of Nb nanotubes after anodization, which may have contributed to improving the photoelectrochemical performance of the evaluated systems. The addition of glycerol

to the 0.1 M KOH solution contributes to the increase of the photoelectrochemical performance.

KEYWORDS: Niobium, nanotubes, anodization, photoelectrochemical performance, photocurrent.

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la década del 50 aumentó mucho la búsqueda de niobio y de aleaciones de niobio, para su utilización en la industria espacial, nuclear, aeronáutica y de nuevas fuentes de energía [1]. Los materiales conteniendo niobio adquirieron interés debido a sus aplicaciones en la industria dealta tecnología, especialmente en los sectores aeroespaciales, como las superaleaciones metálicas, de electrónicos, en los cuales son ampliamente utilizados como microcapacitores; la utilidad prácticamente insustituible de estos materiales en sectores estratégicos hacen del niobio un elemento crucial para el desarrollo industrial en las próximas décadas [2].

Brasil es poseedor de cerca del 96 % de las reservas mundiales de niobio, y aunque éste ya escomercializado como aleación de hierro-niobio y óxido de niobio, la Compania Brasileira de Metalurgia eMineração, CBMM, busca constantemente ampliar su aplicabilidad y utilización en trabajos de investigación y en el desarrollo de nuevos productos, como metales especiales, materiales para la industria automovilística y en otras tecnologías avanzadas [3].

Alrededor de la década del 90, materiales conteniendo niobio comenzaron a ser estudiados para su aplicación en catálisis heterogénea. Varios trabajos de investigación mostraron que distintos compuestos del niobio poseen actividad catalítica, selectividad y estabilidad química en distintos procesos químicos [4-6]. Entre estos procesos se encuentran los fotocatalíticos, que combinan la acción de un material semiconductor y luz para promover la transformación de distintos compuestos químicos a temperatura y presión cercanas a las del ambiente [7]. En estos procesos, el semiconductor es inicialmente excitado por la luz dando lugar a pares electrón-hueco que pueden participar en reacciones de óxido-reducción. Entre las reacciones que han despertado más interés se encuentra la degradación completa de compuestos orgánicos[8] y la producción dehidrógeno por descomposición del agua.

Distintos compuestos de niobio presentan propiedades semiconductoras que le permiten ser utilizados como fotocatalizadores[9]. Sin embargo, aún es bajo el volumen de trabajos dedicados al estudio de sus propiedades fotocatalíticas.

En este trabajo se reporta la síntesis de óxido de niobio (Nb_2O_5) nanoestructurado, los efectos de parámetros operacionales que promueven su

obtención y la evaluación de sus propiedades fotoelectroquímicas, las cuales están directamente relacionadas con la capacidad para generar pares electrón-hueco mediante su interacción con la luz. Con ello se busca contribuir a lageneración de conocimientos sobre la síntesis de nuevos fotocatalizadores y, más en general, a labúsqueda de nuevos materiales de niobio que permitan agregar valor a las reservas del mismo.

2. EXPERIMENTAL

2.1 MATERIALES

Las láminas de niobio metálico fueron suministradas por la Companía Brasilera de Metalurgia e Mineração, CBMM, (pureza: 99.3 % m/m y espesor: 2 mm), de dimensiones de 1 cm × 1 cm. Lalimpieza de las láminas fue realizada mediante baño de ultrasonido con agua desionizada, secadocon aire frío y limpieza por plasma al aire a 65 W durante 2 minutos.

2.2 SÍNTESIS DE NANOTUBOS DE NB_2O_5

Las láminas de niobio fueron utilizadas como electrodo de trabajo y una placa de platino fue utilizada como contraelectrodo. La anodización fue realizada a 90 V y temperatura ambiente, durante 90 minutos. El electrolito empleado en la anodización fue preparado con una mezcla de glicerol, que contiene 1,2 % en peso de fluoruro de amonio (NH_4F) y 10 % de H_2O. Las muestras anodizadas fueron posteriormente tratadas térmicamente en atmósfera de N_2 a 450 °C durante 60 minutos.

2.3 CARACTERIZACIÓN

La morfología de las muestras fue estudiada mediante Microscopía Electrónica de Barrido de Emisión de Campo (FEG-SEM) en un equipo TESCAN modelo MIRA3 operado a 15 kV.

La caracterización estructural fue realizada por difracción de rayos X (DRX) con un equipo Philips X-Ray Analytical, con sistema X'Pert-MPD, consola PW3040/00 con tubo de rayos-X PW3373/00, aplicando un potencial de 40kV y corriente de 40 mA. El

software X'Pert High Score fue utilizado para el análisis y la interpretación de los resultados.

Las medidas fotoelectroquímicas fueron llevadas a cabo en una celda de cuarzo con tres electrodos: una lámina de niobio anodizada como electrodo de trabajo, una lámina de platino como contraelectrodo y un electrodo de Hg/HgO como electrodo de referencia. La celda está sumergidaen un electrolito consistente en una solución de KOH 0,1 M con adición de glicerol de concentraciones: 0,1 M y 0,2 M. Para la polarización de la celda se utilizó un potenciostato Autolab PGSTAT302N. La iluminación se realizó con luz visible proveniente de una lámpara de Xe de 300W (Oriel) provista de un filtro AM 1.5G. La intensidad de la luz de la lámpara fue determinada mediante calibración con un diodo de Si (Newport) (100 $mW.cm^{-2}$). Para las medidas fotoelectroquímicas, la celda se polarizó con una rampa de potencial a partir del potencial de circuito abierto (OCP) hasta 1V, con una velocidad de barrido de 5 $mV.s^{-1}$. La intensidad de la fotocorriente generada se determinó por sustracción de las intensidades medidas en presencia de luz (región clara) y ausencia de luz (región oscura).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 TRANSITORIO DE DENSIDAD DE CORRIENTE

La Figura 1 presenta el transitorio de densidad de corriente obtenido durante el proceso de anodización. Se evidencia un perfil muy semejante al reportado en la literatura [10] para la formación de nanotubos de óxido de niobio. En los primeros instantes (previo a 1 minuto) ocurreun aumento acentuado de la densidad de corriente, indicando la presencia del mecanismo de disolución del niobio metálico. Luego, la densidad de corriente alcanza un mínimo y un posterior aumento, menos acentuado que el anterior, que indica el comienzo de la formación de los productos del anodizado. Assaud y col. 2015 11] demostraron que el aumento de la densidad de corriente en virtud de la disminución de la resistencia en la superficie, ocurre como consecuencia del aumento de la porosidad de la capa de anodizado y que esta porosidad está relacionada con la formación de nanotubos de óxido de niobio que aumentan el área superficial. A partir de los 4 minutos de anodización, los valores de densidad de

corriente comienzan a disminuir en virtud delespesamiento de la capa de óxido y del aumento de la resistencia eléctrica de la superficie. A partir de ese momento, los valores de densidad de corriente continúan disminuyendo hasta los 30 minutos de anodización, cuando se alcanza una meseta indicando mayor estabilidad. Una relación similar entre los transitorios de densidad de corriente y la formación de nanotubos fue reportada por Antonini [12].

3.2 DRX

En la Figura 2 se presentan los resultados de DRX de la lámina anodizada. En la muestra sintratamiento térmico solo se observan picos característicos de niobio metálico (Nb°) en 2θ = 38,1°,55,3° y 69,3°, de acuerdo con los patrones de difracción JCPDS N° 00-002-1108. En la muestra tratada térmicamente se observan picos de Nb° de menor intensidad y otros correspondiente a pentóxido de niobio (Nb_2O_5). El pico en 2θ = 54,4° es asociado al plano (102) de Nb_2O_5 de estructura cristalina pseudo-hexagonal [13,14]. Los picos en 2θ = 53° y 66° pueden correspondera Nb_2O_5 con estructura de octaedro distorsionado, de acuerdo a lo reportado por Chan y col. 2017 en muestras de niobio tratadas térmicamente por encima de 500 °C [13]. El pico alrededor de 2θ = 37° puede asignarse a una estructura de bipirámide pentagonal de Nb_2O_5 que fue también observada mediante DRX para muestras tratadas térmicamente. No fueron encontrados picos de Nb_2O_5 por debajo de 30° de acuerdo con lo reportado por Galstyan y col. 2014 [15]. Picos en 2θ = 27,1° atribuido a Nb_2O_5 (100) y en 2θ = 21,5º correspondiente a Nb_2O_5 ortorrómbico fueron encontrados por Wei y col. 2012 [16]. Todos los picos de Nb_2O_5mostrados en la Figura 2 presentaron baja intensidad, lo que puede estar relacionado con el pequeño espesor del film de óxido obtenido por el proceso de anodización.

Figura 1. Transitorios de densidad de corriente de la muestra anodizada.

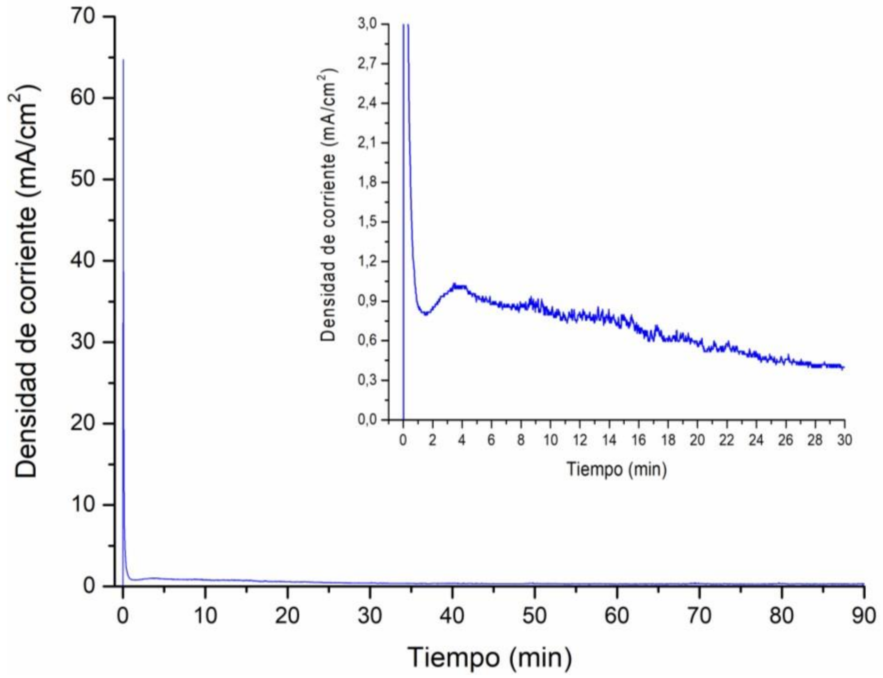
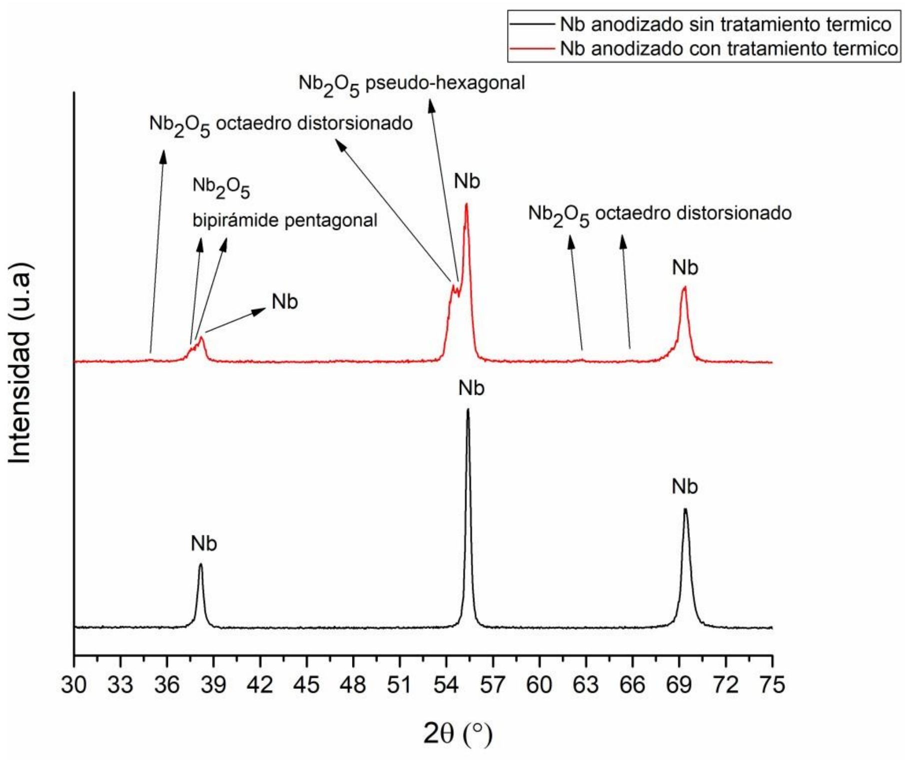


Figura 2. Resultados de DRX de la muestra anodizada.



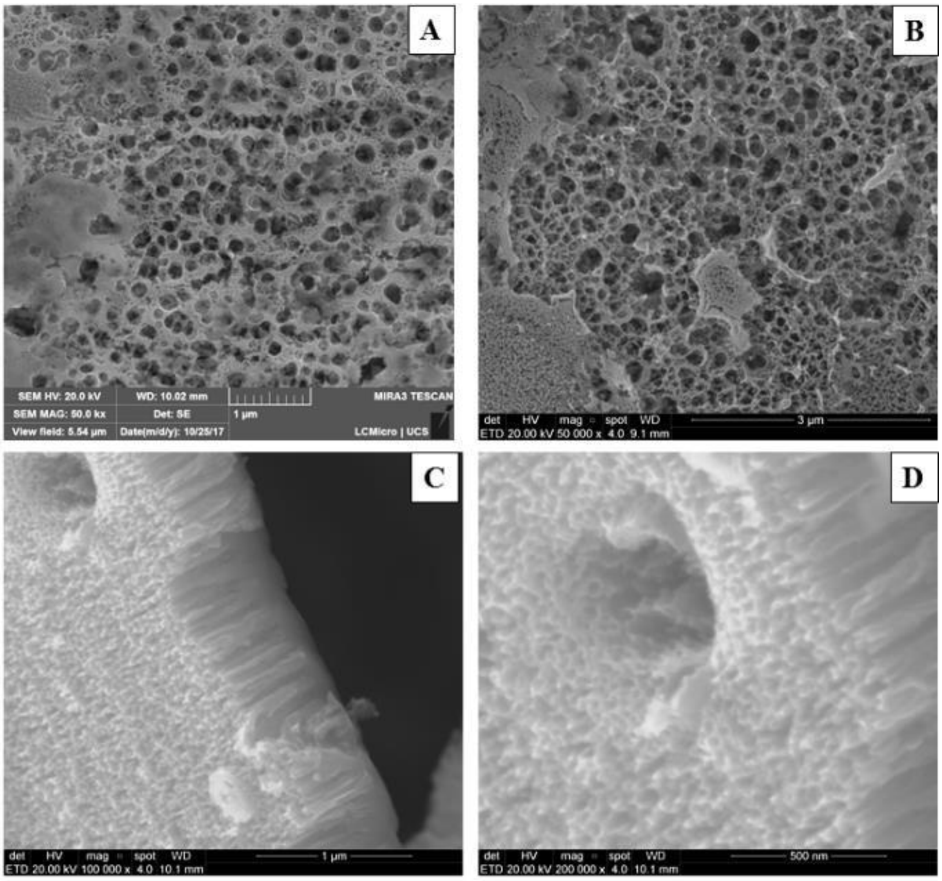
De acuerdo a estos resultados, el anodizado de la lámina de niobio metálico produce Nb_2O_5 amorfo. Luego, el tratamiento térmico promueve la formación de Nb_2O_5

cristalino que recubre la superficie de la lámina.

3.3 MICROSCOPÍA ELECTRÓNICA DE BARRIDO

En la Figura 3 se muestran las imágenes FEG-SEM de la lámina de niobio anodizado (A) y de la lámina anodizada y tratada térmicamente (B). Se observa una superficie altamente porosa y que no experimenta modificaciones apreciables luego del tratamiento térmico. En las Figuras 3C y 3D están representadas las imágenes FEG-SEM de la vista lateral de la muestra donde se observan los nanotubos de Nb_2O_5 formados luego del proceso de anodización. Los nanotubos tienen una longitud en el orden de los 500 nm y un diámetro interno en el orden de los 30 nm. Unamorfología de nanotubos de Nb_2O_5 (producto de la anodización) semejante a la observada en este trabajo ha sido reportada por Sieber y col. [10]. La formación de nanotubos de Nb_2O_5 es lo que confiere la gran porosidad a la capa de anodizado, lo cual es coherente con el transitorio de densidad de corriente durante el inicio del anodizado (Figura 1).

Figura 3. Imágenes FEG-SEM de la superficie de la lámina de niobio anodizada: (A) vista superior sin tratamiento térmico; (B) vista superior con tratamiento térmico; (C) vista lateral de la capa de nanotubos luego de la anodización; (D) ampliación de la región con nanotubos de óxido de Nb (D).



La formación de una superficie micro y nanoporosa también contribuye al aumento del área superficial, lo cual es de gran importancia para la potencial utilización de las láminas anodizadas en procesos fotocatalíticos. Baik y col. [17] han reportado que superficies con elevada área superficial conllean mejores respuestas fotocatalíticas. Según los autores, pequeños cambios en las propiedades estructurales (diámetro de poro y espesor de pared) y en el estado químico, pueden aumentar la cantidad de vacancias de oxígeno, resultando en un aumento de la densidad de fotocorriente.

3.4 ENSAYOS FOTOELECTROQUÍMICOS

Los resultados de las medidas fotoelectroquímicas se muestran en la Figura 4. En todos los ensayos se aprecia el progresivo aumento de la densidad de fotocorriente al aumentar el potencial aplicado, lo cual confirma la capacidad de la capa de nanotubos de Nb_2O_5 para generar pares electrón-hueco, como resultado de su exposición a la luz visible. También se aprecia que, para todo el rango de potencial aplicado (hasta 1 V), los valores de densidad de fotocorriente aumentan con la adición de glicerol en la solución del electrolito. El aumento es casi de un 100 % para el potencial más bajo (-0,2 V) y decrece al aumentar el potencial hasta casi un 50 % para el potencial más alto (1 V). Estos resultados ponen de manifiesto la influencia del glicerol en el aumento de la capacidad del sistema para generar fotocorriente. En ausencia de glicerol, la fotocorriente está asociada a la descomposición del agua que ocurre en contacto con los pares electrón-hueco del semiconductor (nanotubos de Nb_2O_5) y conduce a la producción de H_2 y O_2 de acuerdo a las siguientes semi-reacciones:

$$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^- \qquad (1)$$

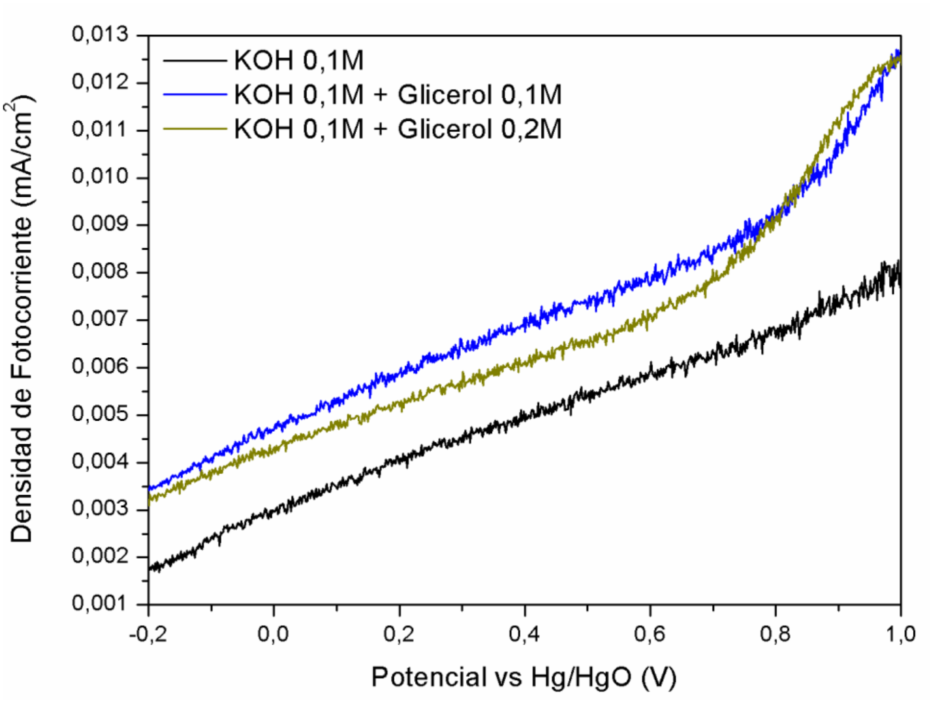
$$2OH^- + 2h^+ \rightarrow ½O_2 + H_2O \qquad (2)$$

El efecto positivo del glicerol sobre el aumento de la fotocorriente se atribuye a que el glicerol es más fácilmente oxidable que el agua, por lo que presenta una mayor tendencia a ceder electrones al material semiconductor, contribuyendo de esa forma al aumento de electrones disponibles y a prevenir la recombinación de pares electrón-hueco fotogenerados. Una más fácil adsorción del glicerol sobre la superficie de los nanotubos puede también facilitar los procesos de transferencia de electrones en la

interfase electrodo-solución. Estos resultados coinciden con los encontrados empleando nanotubos de TiO_2 por Palmas y col. [18], quienes reportaron que la presencia de glicerol puede favorecer la transferencia de cargas en la interfase TiO_2-solución, lo cual favorece el aumento de densidad de fotocorriente. Los mismos autores reportaron que la influencia de la adición de glicerol depende fuertemente de las condiciones experimental e sempleadas para la síntesis de los nanotubos, lo cual determina la concentración de vacancias de oxígeno y, junto conello, la conductividad eléctrica y la velocidad de transferencia de carga [19,20]. En estos trabajoslos autores lograron observar un aumento en el desempeño fotoeletroquímico de más del 100 % [20].

Cuando se comparan los resultados con las dos concentraciones de glicerol utilizadas, se aprecia que unicamente por encima de 0,8 V el sistema con la concentración de glicerol 0,2 M presentó valores de densidad de fotocorriente mayores a la de 0,1 M. Por debajo de dicho potencial, los menores valores de densidad de fotocorriente en relación al sistema con adición de 0,1 M de glicerol pueden relacionarse con la presencia de puentes de hidrógeno con el agua, impidiendo queel glicerol esté libre para actuar como agente de sacrificio para prevenir la recombinación de electrones y huecos fotogenerados.

Figura 4. Voltamograma de barrido lineal de las muestras de Nb anodizadas y tratadas térmicamente resultante de la diferencia entre la región clara y la región oscura.



Más allá de los resultados aquí obtenidos, es probable que para potenciales anódicos superiores a 1 V se facilite la descomposición del glicerol, para suministrar electrones para el proceso de descomposición del agua con producción simultánea de hidrógeno.

Todos estos resultados demuestran que los nanotubos de óxido de niobio aquí estudiados sonmateriales con propiedades semiconductoras útiles para procesos de generación de fotocorriente en celdas fotoelectroquímicas. Así mismo, su uso para la producción de hidrógeno por descomposición de agua también puede ser de interés, tanto en sistemas fotoelectroquímicos como en reactores fotocatalíticos también basados en el empleo de materiales semiconductores.

4. CONCLUSIONES

El proceso de anodización de láminas de niobio metálico condujo a la formación de una superficie micro y nanoporosa, con presencia de nanotubos de óxido de niobio. Los nanotubos obtenidos presentaron una longitud aproximada de 500 nm y un diámetro interno de 30 nm. Luegode un tratamiento térmico de las láminas anodizadas no se observaron alteraciones en la morfologíade las muestras, aunque sí se produjo la formación de Nb_2O_5 cristalino. Los nanotubos de óxido de niobio sintetizados presentan propiedades semiconductoras con capacidad de generar pares electrón-hueco mediante exposición a una fuente de luz visible. Como electrodos de trabajo en sistemas fotoelectroquímicos, las láminas anodizadas promueven la descomposición del agua, acompañado de la generación de fotocorriente y producción de hidrógeno y oxígeno. El agregadode glicerol a la solución del electrolito favorece la eficacia del proceso aumentando la fotocorriente debido a su contribución a los procesos de generación de electrones y disminución de recombinación de pares electrón-hueco fotogenerados.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue desarrollado con sustento de entidades del gobierno brasilero dedicadasa la formación de recursos humanos (CAPES), CAPES/UDELAR (047/2013), CAPES/PNPD, CAPES/PROEX, FAPERGS e CNPq. Nos gustaría

también agradece a LCMIC-UCS.

Agradecemos a la Companía Brasilera de Metalurgia e Mineração, CBMM por el suministrode las muestras de Nb.

REFERENCIAS

[1] A.G.S. Silva, *Dissertação de MestradoemEngenharia e Ciência dos Materiais*, (2007) 113.

[2] O.F. Lopes, V.R. Mendonça, F.B.F. Silva, E.C. Paris, C. Ribeiro, *Química Nova* 38 (2015) 106.

[3] J.M.G. Lima. Contrato nº 48000.003155/2007-17, *Relatório Técnico 20-Perfil de Mineração do Nióbio, Projeto de Assistência Técnica aoSetor de Energia, Ministério de Minas e Energia*, 2010.

[4] K. Tanabe, *Catalysis Today*8 (1990) 1.

[5] M. Ziolek, *Catalysis Today* 78 (2003) 47.

[6] K. Nakajima, Y. Baba, R. Noma, M. Kitano, J.N. Kondo, S. Hayashi, M. Hara, *Journal of the American Chemical Society* 133 (2011) 4224.

[7] A.L. Linsebigler, G. Lu, J.T. Yates, *Chemical Reviews* 95 (1995) 735.

[8] K.A.A. Carneiro, L.R. Sousa, V. S. Fraga, R.F. Santos, V. H. S. Utuni, A.P.Silva, A.S. Deus, *Brazilian Journal of Development* 6 (2020) 5451-54579.

[9] K. Tanabe, *Catalysis Today* 78 (2003) 65.

[10] I. Sieber, H. Hildebrand, A. Friedrich, P. Schmuki, *Electrochemistry Communications* 7 (2005) 97.

[11] L. Assaud, J. Schumacher, A. Tafel, S. Bochmann, S. Christiansen, J. Bachmann, *Journal of Materials Chemistry* A 3 (2015) 8450.

[12] L. M. Antonini, *DissertaçãoMestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PortoAlegre, Brasil, 2012.

[13] X. Chan, T. Pu, X. Chen, A. James, J. Lee, J.B. Parise, D.H. Kim, T. Kim, *CatalysisCommunications* 97 (2017) 65.

[14] X. Liu, R. Yuan, Y. Liu, S. Zhu, J. Lin, X. Chen, *New Journal of Chemistry* 40 (2016 6276.

[15] V. Galstyan, E. Comini, G. Faglia, G. Sberveglieri, *CrystEngComm* 16 (2014) 10273.

[16] W. Wei, K. Lee, S. Shaw, P. Schmuki, *Chemical Communications* 48 (2012) 4244.

[17] J.-S. Baik, G. Yun, M. Balamurugan, S.K Lee, J.-H. Kim, K.-S. Ahn, S.H. Kang, *Journal of the Electrochemical Society* 163, (2016) H1165.

[18] S. Palmas, A. Pozzo, M. Mascia, A. Vacca, R. Matarrese, *International Journal of Photoenergy* (2012) Article ID 914757.

[19] S. Palmas, A.M. Polcaro, J. Rodríguez Ruiz, A. Da Pozzo, M. Mascia, A. Vacca, *International Journal of Hydrogen Energy* 35 (2010) 6561.

[20] S. Palmas, A. Da Pozzo, M. Mascia, A. Vacca, P. C. Ricci, R. Matarrese, *Journal of Solid State Electrochemistry* 16(2012) 2493.

CAPÍTULO 07

O PROJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA ENGENHARIA SUSTENTÁVEL E SUAS AÇÕES NA UNIDADE BARREIRO DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Ana Cristina de Souza Rocha
Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: anacristinasouzarocha@hotmail.com

Mybisan Rodrigues Mota
Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: mybisanr@gmail.com

Eduardo Athayde Pinho
Graduado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: eduardo_dbh@hotmail.com

Bruno Christiano Silva Ferreira
Doutor em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Departamento de Física e Química - Instituto de Ciências Exatas e Informática
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: brunocrhis@yahoo.com.br

Josias Eduardo Rossi Ladeira
Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: proqual@uol.com.br

Raquel Sampaio Jacob
Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: sampaiojacob@gmail.com

Rita Aparecida David
Mestre em Engenharia Civil (Engenharia de Estruturas) pela Universidade de São Paulo
Instituição: Instituto Politécnico da PUC Minas (Departamento de Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Endereço: Av. Afonso Vaz de Melo, 1200 - Barreiro/Belo Horizonte - MG. Brasil.
E-mail: rturnball@hotmail.com

RESUMO: Neste estudo foram utilizados métodos para a realização de diagnóstico para a implementação deum Sistema de Gestão Ambiental – SGA – na PUC Minas Barreiro através de uma pesquisa exploratória-descritiva, realizada por questionários de avaliação ambiental da Unidade Barreiro. Foi elaborada uma lista de ações sustentáveis contemplando todas as iniciativas que podem ser adotadas para mitigar ou erradicar as ações prejudiciais ao ambiente. O modelo proposto para a gestão ambiental em uma Instituição de Ensino Superior baseou-se nas boas práticas já aplicadas em outras Universidades Sustentáveis pelo Brasil e no exterior. Na parte do diagnostico foi elaborado um levantamento dos pontos positivos e dos pontos a melhorar tomando como base os questionários aplicados em cada esfera analisada no âmbito da PUC Minas Barreiro. Após diagnóstico deu-se a etapa de elaboração dos planos de ação no que diz respeito a resíduos, aguae energia. Com o objetivo de redução em até 30 % de água e energia.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade; Gestão Ambiental; Diagnóstico.

ABSTRACT: In this study used an exploratory and descriptive research, carried out by environmental assessmentquestionnaires at the Barreiro Campus. A list of sustainable actions was prepared, covering all theinitiatives that can be taken to mitigate or eradicate harmful actions to the environment. The proposedmodel for environmental management was based on the good practices already applied in other Sustainable Universities in Brazil and abroad. In the diagnosis part, a survey of the positive points andthe points to be improved was made based on the questionnaires applied in each sphere analyzed within the scope of PUC Minas - Barreiro. After diagnosis, the action plans were elaborated with regard towaste, water and energy. With the objective of reducing water and energy by up to 30 %.

KEYWORDS: Sustainability; Environmental management; Diagnosis.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, especialmente a partir do crescimento dos programas de pós graduação em nosso país (LETA, 2011), foi possível perceber por parte das grandes universidades brasileiras uma hipervalorização da pesquisa e da produção acadêmica em detrimento das ações de ensino e extensão (BETTI *et al*., 2004). Essa visão dificultou enormemente a manutenção e a difusão dos programas deextensão, seja pela pouca valorização dessas atividades ou até mesmo seja pelo baixo financiamento deste tipo de ações pelas universidades brasileiras e órgãos de apoio financeiros.

Apesar dessa realidade, a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG) tem se tornado uma instituição ativa e de intensa atuação no âmbito da Extensão Universitária, graças a sua missão que tange o desenvolvimento humano e social da comunidade acadêmica a partir da filosofia e investimento em formação ética e solidária, da produção de conhecimento e sua interação com a sociedade, a da disseminação arte e cultura. Valorizando o tripé Ensino, Pesquisa e Extensão que se articulam em projetos inovadores e voltados para a transformação da ca comunidade que a cerca.

O Projeto Engenharia Sustentável, com equipe sediada no curso de Engenharia Civil na Unidade Barreiro da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, desenvolve diversos papéis importantes na comunidade acadêmica da referida unidade e até mesmo, em outras Unidades da universidade espalhadas pela cidade de Belo Horizonte e Região metropolitana (NUNES, 2019).

Ainda enquanto estudante, nossos alunos extensionistas devem ter bem claro a função cidadã que irá desempenhar e, principalmente, que deve haver uma preparação para um novo contexto social e econômico, posto que a sociedade se desenvolve constantemente (BAZZO e PEREIRA, 1993). A extensão, o ensino e a pesquisa se tornam cada vez mais fundamentais para a formação profissional, possibilitando a interação da comunidade acadêmica com a sociedade por trás dos muros da universidade. A extensão é um processo educativo, que possibilita aplicar o conhecimento adquirido na universidade, aprender com as demandas das comunidades onde o projeto se insere e por consequências, viabilizar a formação de um profissional com o comprometimento de interagir com apopulação.

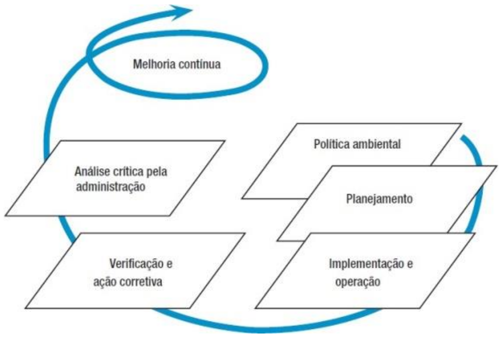
É Sabido que a Extensão é uma via de mão dupla, que assegura à comunidade acadêmica, a oportunidade de encontrar, na sociedade, a oportunidade de elaboração

do conhecimento acadêmico. Já no retorno à Universidade, docentes e discentes extensionistas trarão um aprendizado que, submetido a uma reflexão teórica podem acrescentar enormemente ã formação acadêmica e profissional dos extensionistas. Esse fluxo, que estabelece a troca de saberes sistematizados, acadêmico e popular, terá como consequência: a produção do conhecimento resultante do confronto com a realidade de nossa cidade inferindo diretamente na democratização do conhecimento acadêmico e na atuação da Universidade com braços estendidos à sociedade (VASCONCELOS, 2006).

O tema sustentabilidade tem sido assunto fundamental em muitas discussões em nosso cotidiano, sendo um assunto que se relaciona à preocupação na preservação dos recursos naturais e com a degradação gerada pelo homem ao meio ambiente (DRUZZIAN e SANTOS, 2006). Desta forma, o projeto Engenharia Sustentável vem atuando nas cidades de Belo Horizonte e Contagem visando a redução da geração de resíduos sólidos urbanos, aperfeiçoando técnicas que suprimam os desperdícios e contribuam para um desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, os sistemas certificação de Gestão Ambiental, como referência a norma ISO 14001, tornaram-se uma opção cadavez mais utilizada pelas organizações em todo o mundo para equacionarem suas demandas ambientais, padronizarem seu processo produtivo, reduzir custos de operacionais e melhorar sua imagem (COELHO, 2016). Com o intuito de proporcionar uma constante melhoria na sustentabilidade da Unidade Barreiro este trabalho consiste numa experiência de extensão universitária para a educaçãoambiental no currículo da PUC Minas, junto a professores, alunos e funcionários da Unidade, tendo como ponto de partida suas representações sobre as questões ambientais e suas consequências. Busca-se incentivar a formação de pensamento crítico e manutenção de um vínculo afetivo individual e coletivo com o meio ambiente local.

A Gestão Ambiental, segundo Vaz (2010), é um sistema que envolve uma estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos, para desenvolver, implementar, atingir, analisar e manter a política ambiental de uma organização. Segundo Vaz (2010), a ISO 14001 é formada por uma Política Ambiental, Planejamento, Implantação ou Operação, Verificação e Ação Corretiva e pelas Revisões Gerenciais. A Figura 1 apresenta o Sistema de Gestão Ambiental.

Figura 1 - Sistema de Gestão Ambiental pela ISSO 14001.



Fonte: Vaz, 2010.

Sendo assim, como foram descritos no item 3, apresenta-se as etapas transcorridas em função desse trabalho: Elaboração do questionário, sendo feito o levantamento das necessidades de melhoria; A elaboração do relatório sobre a situação atual, tendo como base os diagnósticos; O levantamento dos possíveis impactos, baseando-se em objetivos, metas e programas para atingir ambos; E, por último, elaboração do plano de ação, objetivos, metas e programas.

Esclarece-se que todas essas etapas estão descritas e apresentadas em documento complementar a esse e denominado dossiê técnico. De forma em geral, aponta-se ações que encontram-se incorporadas a um SGA para as Instituições de Ensino Superior podem ser resumidas:

Assessoria ambiental, trabalhos de levantamento de aspectos e impactos ambientais e elaboração do SGA; Gestão de recursos - gestão de energia, gestão da água, qualidade e conforto térmico; Gestão de resíduos, prevenção da poluição; Construção sustentável – plano diretor definido para todos os prédios a serem construídos; Compras integrando critérios ambientais, com materiais eequipamentos; Educação integrando aspectos ambientais como sensibilização ambiental, formação, informação, projetos de investigação sobre temas do SGA, campanhas; Relatórios ambientais parauma fase posterior ao SGA e após a sua revisão; Investimentos nos aspectos paisagísticos, criação da biblioteca natural, espaços verdes, e Sistema de captação de águas pluviais e utilização nas baciassanitárias, mictórios e jardins.

O crescimento demográfico e a centralização da população nos grandes centros urbanos são sem duvida problemas ambientais grades e de difícil solução por parte dos governos em todos o mundo conforme relata Moreira (2006). Por outro lado, as instituições de ensino superior representam hoje, um dos principais agentes responsáveis pela obtenção de um modelo de desenvolvimento racional e sustentável.

Programa de Gestão Ambiental deve ser entendido como sendo um roteiro para implantar emanter um sistema de gestão ambiental que permita alcançar os objetivos e metas, previamente definidos. O programa deve conter um cronograma de execução, que permita comparação entre o realizado e o previsto, definição de responsabilidades e prazos de cumprimento dos objetivos e metas.

As etapas de implantação constitui em:

- A Politica Ambiental

IS0 14001, define Política Ambiental como "a declaração da organização, expondo intenções e princípios em relação ao seu desempenho ambiental global, que provê uma estrutura para a ação e definição de seus objetivos e metas ambientais". A política ambiental estabelece, dessa forma, um senso geral de orientação e fixa os princípios de ação para a organização".

A Política Ambiental deve ser consubstanciada por meio de um documento escrito que aborde todos os valores e filosofia da universidade relativos ao meio ambiente, bem como requisitos necessários ao atendimento de sua política ambiental, por meio dos objetivos, metas e programas ambientais.

a. Planejamento

A ISO 14001 recomenda que a organização formule um plano para cumprir sua Política Ambiental. Este plano deve incluir os seguintes tópicos:

a. **Aspectos ambientais:** O objetivo desse item da norma é fazer com que a instituição identifique todos os impactos ambientais significativos, reais e potenciais, relacionados com suas atividades, para que possa controlar os aspectos sob sua responsabilidade.
b. **Requisitos legais:** Os requisitos definidos pela política ambiental expõe com clareza os comprometimentos, destacando-se o atendimento à legislação, normas ambientais aplicáveis e outros requisitos ambientais. Nesta etapa, são definidos critérios para o cadastramento e a divulgação da legislação ambiental, dos códigos de conduta aplicáveis a situações específicas da empresa, e dos compromissos ambientais assumidos.
c. **objetivos e metas**: A política ambiental também tem o seu desdobramento em objetivos e metas a serem alcançados em um determinado período de tempo, além de seguir uma lógica coerente com as fases de planejamento. Desta forma, os objetivos e metas devem refletir os aspectos e impactos ambientais significativos e relevantes visando o desdobramento em metas e objetivos ambientais a serem alcançados operacionalmente por setores específicos com responsabilização definida.
d. **Programas de gestão ambiental**: Na forma como concebido pela ISO 14000, o Programa de Gestão Ambiental deve ser

> entendido pela instituição como sendo um roteiro para implantar e manter um sistemade gestão ambiental que permita alcançar os objetivos e metas, previamente definidos. O programa de gestão ambiental deve conter um cronograma de execução, que permita comparação entre o realizado e o previsto, recursos financeiros alocados às atividades e definição de responsabilidades e prazos de cumprimento dos objetivos e metas.

- *Implantação e Operação - Este princípio recomenda que para que haja uma efetiva implantação da ISO 14001, a instituição deve desenvolver mecanismos de apoio necessários para atender o que está previsto em sua política, e nos seus objetivos e metas ambientais como: Estrutura organizacional e Responsabilidade, Treinamento, Conscientização e Competência, Comunicação, Controle operacional, entre outros.*
- *Verificação e Ação Corretiva -Este item da norma cria condições de se averiguar se a instituição está operando de acordo com o programa de gestão ambiental previamente definido, identificando aspectos não desejáveis e mitigando quaisquer impactos negativos, além de tratardas medias preventivas.*

Este trabalho visou prover à PUC Minas, Unidade Barreiro, elementos de um sistema de gestão ambiental eficaz que possa ser integrado a outros requisitos da gestão, conciliando objetivos ambientais e econômicos. Verificando na PUC Minas Unidade Barreiro a legislação existente referente a Gestãode resíduos gerados, o consumo de energia e o consumo de água. Além de realizar levantamentos "*inloco"* das condições, propondo ações de melhoria.

2. METODOLOGIA

Buscou-se a padronização e a credibilidade. Assim, o Projeto de Extensão “Engenharia Sustentável” na PUC Minas Unidade Barreiro optou por seguir as diretrizes de implantação da ISO14001 realizado em empresas, a implantação tem como etapas principais: elaboração do questionário para promover a percepção das necessidades de melhoria no gerenciamento ambiental; elaboração do relatório acerca da situação atual, com base nos diagnósticos; com o levantamento dos possíveis impactos elaborou-se um plano de ação, baseado nos objetivos, metas e programas de atuação (TAUCHEN

& BRANDLI, 2006). Faz-se conveniente ressaltar que utilizou-se, como referência, a bibliografia de Maria Suely Moreira (Estratégia e Implantação do Sistema de Gestão Ambiental, 2006), nela salienta-se a importância e necessidade da pesquisa de documentação já existente e visitaàs instalações com registros fotográficos, os quais proporcionam meios de validar e dar suporte à avaliação e melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.

Nesse sentido, o diagnóstico da situação ambiental da Unidade foi realizado em etapas. Primeiramente, realizou-se entrevistas com a Pró-Reitoria de Infraestrutura da Unidade, com os alunos,com os professores e com os funcionário. A quantidade de questionários aplicados – amostra – foi obtida por meio de análise estatística do total de pessoas cadastradas no banco de dados do setor de Recursos Humanos da Universidade PUC Minas Unidade Barreiro. Assim, os questionários para os funcionários, alunos e professores possuíram o objetivo de avaliar como se faz a percepção das pessoas entrevistadas em relação às questões ambientais na Unidade Barreiro. Enquanto, o questionário aplicado à Pró-Reitoria Infraestrutura foi realizado, simultaneamente, com entrevistas e perguntas que relacionavam-se a questões mais técnicas sobre as estratégias e projetos existentes para gerir em diversos setores a questão ambiental.

Em uma próxima etapa, após análise das percepções de comunidade acadêmicas sobre a gestão ambiental local, conduziu-se a apresentação do relatório do diagnóstico da situação da Unidade, em que são apresentados lado a lado os pontos positivos detectados na entrevista e os pontos a melhorar. Esse diagnóstico, bem como as etapas seguintes a ele, estão apresentados como resultados deste trabalho. Já os resultados preliminares apresentados referentes à implementação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA – na PUC Minas Barreiro foram obtidos por meio de uma pesquisa exploratória-descritiva. A partir dos resultados encontrados, elaborou-se uma lista de ações sustentáveis contemplando todas as iniciativas que podem ser adotadas para mitigar ou erradicar as ações prejudiciais ao ambiente.

O modelo proposto para a Gestão Ambiental na Instituição de Ensino foi baseadas em boas práticas já aplicadas em outras Universidades Sustentáveis pelo Brasil e no exterior e sua estruturação foi concebida a partir das normas para sistemas de gestão ambiental, NBR ISO 14001 e NBR ISO 14004, além do ciclo PDCA. O ciclo PDCA é formado por quatro etapas importantes conforme Ribeiro (2005) e Moreira (2006)

descreve: Planejar (PLAN): envolve o estabelecimento dos objetivos e processos necessários para atingir os resultados, de acordo com a política ambiental da organização; Executar (DO): envolve a execução dos processos; Verificar (CHECK): envolve o monitoramento e medição dos processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros, e relatar os resultados; Agir (ACTION): envolve a execução de ações para melhorar continuamente o desempenho do sistema da gestão ambiental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando-se os dados levantados na PUC Minas Unidade Barreiro, será demonstrado algumas iniciativas pontuais objetivando melhoras nos aspectos ambientais na universidade. Conforme proposto neste trabalho, apresenta-se o resultado do diagnóstico, nas Tabelas 1 a 6, em que se discute pontos positivos e a melhorar e segundo a ótica dos alunos da Unidade, separado por curso.

Tabela 1- Percepções dos alunos da Unidade Barreiro, **curso de Direito**.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os alunos do curso de Direito PUC-MG Barreiro entendem o conceito de resíduo e, encontram facilmente local para descarte na Unidade.	Os alunos não sabem qual a destinação final dos resíduos gerados na Unidade. Os alunos não estão cientes da coleta seletiva que existe na Unidade.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Não foi apontado desperdício de água na Unidade. E foi observado boa eficiência das peças sanitárias.	Ao perceber defeitos nos equipamentos para fornecimento de água os discentes não acionam a infraestrutura. Asseguraram não participar de nenhuma campanha relacionada ao uso consciente da água na Unidade.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Quando os alunos estão sozinhos na sala não utilizam todas as luzes acesas.	Assumiram não apagar as luzes ao se retirar da sala (ou desligar os ventiladores). E ainda, sempre encontram os mesmos ligados com a sala vazia.

Tabela 2- Percepções dos alunos da Unidade Barreiro, **curso de Enfermagem**.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os alunos sabem identificar o que é resíduo; A maioria dos alunos sabem identificar em qual lixeira descartar os seus resíduos; Há disciplinas no curso voltadas à conscientização ambiental e os alunos reconhecem estas como relevantes na sua formação; Reconhecem que há coleta seletiva na Unidade.	Nem todos os alunos sabem identificar em qual lixeira descartar cada tipo de resíduo Não se encontra com facilidade, local para descartar os resíduos na Unidade; Não há conhecimento da destinação final dos resíduos.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Peças sanitárias eficiente, com tempo de duração de saída de água bom, porém, com alguma necessidade de melhora; Ao encontrar defeito nos equipamentos a maioria dos alunos informam ao setor de infraestrutura da Unidade.	Pontos de desperdício de água na Unidade; Melhorar a eficiência das peças sanitárias e tempo de saída de água; Conscientização dos alunos para que ao encontrar defeitos nos equipamentos todos saibam que podem e devem informar ao setor de infraestrutura da Unidade; Os alunos não atuaram em campanhas relacionadas ao uso consciente de água na Unidade.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria dos alunos apagam as luzes e desligam os ventiladores quando são os últimosa sair das salas.	Alguns alunos acendem todas as luzes mesmo quando estão sozinhos na sala; Sempre encontram luzes acesas e ventiladores funcionando quando chegam em uma sala vazia; Não foi possível identificar a eficiência dos sensores utilizados para ativação dos mictórios nos banheiros masculinos, apenas um aluno respondeu ao questionário, este mostrou que o funcionamento é ineficiente.

Tabela 3- Percepções dos alunos da Unidade Barreiro, **curso de Engenharia Civil**.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Há conhecimento sobre o que é resíduo. Os alunos sabem identificar em qual lixeira deve ser descartado cada tipo de resíduo. O local adequado para descarte de resíduo é encontrado facilmente pelos alunos. Há na ementa do curso disciplinas voltadas para conscientização ambiental e que são consideradas pelos alunos como relevantes na formação profissional. Há coleta seletiva na Unidade.	Acrescentar mais pontos de instalação de lixeiras coletoras seletivas para todos os tipos de resíduos. Identificação das lixeiras coletoras com os resíduos comumente descartados na Unidade. Não há conhecimento entre os alunos do destino final dos resíduos que são gerados na Unidade. Realização de uma melhor divulgação da coleta seletiva existente na Unidade.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Há controle do tempo de saída de água das torneiras dos banheiros da Unidade.	Reduzir o desperdício de água na Unidade. Melhorar a eficiência das peças sanitárias (lavatórios, vasos sanitários, mictório e bebedouros). Melhorar o tempo de duração de saída de água das torneiras. Criar a cultura proativa nos alunos para quando se depararem com equipamentos de fornecimento de água defeituosos comuniquem ao setor da infraestrutura da Unidade. Estimular a participação dos alunos em campanhas que relacionadas ao uso consciente da água na Unidade.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os alunos evitam o desperdício de energia, desligando luzes e ventiladores ao perceber que não ficará mais ninguém na sala. Há sensores para ativação dos mictórios nos banheiros masculinos.	Conscientizar os alunos sobre a importância de somente ligar todas as lâmpadas da sala quando houver de fato necessidade.

Tabela 4 - Percepções dos alunos da Unidade Barreiro, **curso de Engenharia de Produção**.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria das pessoas identificam o que é resíduo. Grande parte dos alunos entrevistados sabe classificar os resíduos para cada tipo de lixeira. Encontram com facilidade o local para descartedos resíduos. Há uma disciplina que aborda a gestão de resíduos na grade curricular.	Alguns dos alunos entrevistados desconhecem que há coleta seletiva na Unidade. A maioria desconhece a destinação final dos resíduos gerados na Unidade.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria dos entrevistados já identificou algum vazamento de água na Unidade. De forma geral consideram satisfatória a eficiência das peças sanitárias. Avaliaram como eficiente as torneiras com temporizado.	Grande parte dos alunos desconhece o setor responsável para relatar os possíveis vazamentos identificados. Não participaram de nenhuma campanha relacionada ao uso sustentável dos recursos hídricos.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os alunos, em sua maioria, tem o hábito de apagar as luzes e ventiladores ao sair por ultimo da sala. Grande parte das pessoas relatou que não ascendem todas as luzes e ventiladores quando estão sozinhas nas salas	Alguns alunos relataram que encontra luzes e ventiladores ligados ao entrar na sala, mesmo quando não a ninguém no espaço. Os homens avaliaram como não eficiente os sensores de presença dos mictórios.

Tabela 5 - Percepções dos alunos da Unidade Barreiro, **curso de Nutrição**.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria dos alunos identifica o que é resíduo. Encontram com facilidade o local para descarte dos resíduos.	Os alunos desconhecem que há coleta seletiva na Unidade Barreiro. Não há disciplinas que abordem o tema gestão de resíduos na grade curricular.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria dos alunos já identificou algum vazamento de água na Unidade. De forma geral consideram satisfatória a eficiência das peças sanitárias. Avaliaram como eficiente às torneiras com temporizado.	Grande parte dos alunos desconhece o setor responsável para relatar os possíveis vazamentos identificados. Não participaram de nenhuma campanha relacionada ao uso sustentável dos recursos hídricos.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria dos alunos tem o hábito de apagar as luzes e ventiladores ao sair por ultimo da sala.	A grande maioria dos alunos relatou que ascendem todas as luzes e ventiladores mesmo quando estão sozinhos nas salas.

Tabela 6 - Percepções dos alunos da Unidade Barreiro, **curso de Sistema de Informação**.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os alunos entende o conceito de resíduo e, encontram facilmente e local para descarte na Unidade.	Os alunos não sabem qual a destinação final dos resíduos gerados na Unidade. E não estão cientes da coleta seletiva que existena Unidade. O curso não possui disciplinas voltadas para a conscientização ambiental.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Não foi apontado desperdício de água na Unidade, observado boa eficiência das peças sanitárias. Asseguraram já ter participado de campanhas relacionadas ao uso consciente da água na Unidade.	Ao perceber defeitos nos equipamentos para fornecimento de água os discentes não acionama infra estrutura.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A maioria quando estão sozinhos na sala não utilizam todas as luzes acesas. Apagam as luzes e desligam os ventiladores ao se retirar da sala.	Sempre encontram luzes e ventiladores ligados com a sala vazia. Os alunos avaliaram como infrutífero os sensores utilizados para a ativação dos mictórios nos banheiros masculinos.

De forma geral, os alunos da Unidade salientam em seu discurso a necessidade de uma maior divulgação sobre o processo de coleta seletiva e atividades de sustentabilidade já existentesna Unidade. E segundo eles, isso trará a apropriação mais efetiva das ações implementadas pela Universidade e pela comunidade acadêmica.

Nas Tabelas 7 a 8 apresentam-se os resultados dos diagnósticos, em que se discute pontos positivos e a melhorar e segundo a ótica dos Funcionários/ professores e Pró-Pró-Reitoria de Infraestrutura, respectivamente.

Tabela 7- Percepções dos professores da Unidade Barreiro.

Resíduo	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os professores entendem o conceito de resíduo e, encontram facilmente local para descarte na Unidade. A maior parte dos professores consideram relevantes as disciplinas voltadas para a conscientização ambiental.	Os professores não sabem qual a destinação final dos resíduos gerados na Unidade. E não estão cientes da coleta seletiva que existe na Unidade.
Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Não foi apontado desperdício de água na Unidade. e foi observado boa eficiência das peças sanitárias.	Asseguraram não participar de nenhuma campanha relacionada ao uso consciente da águana Unidade.
Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Ao se retirar da sala de aula os professores afirmaram desligam as luzes e ventiladores. Os professores do sexo masculino apontaram bom funcionamento dos sensores utilizados nomictórios.	Sempre encontram os ventiladores e luzes ligadas com a sala vazia.

Tabela 8 - Percepções dos Funcionários/ Pró-Reitoria de Infraestrutura da Unidade Barreiro

1. Política ambiental	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Apesar de não possuir uma Política Ambiental, a PUC Minas Barreiro ainda apresenta algumas ações ambientais por acompanhar o que as outras Unidades fazemde ações ambientais.	A PUC Minas Barreiro não possui uma Política Ambiental.
2. Objetivos, Metas e Programas	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Neste item não houve pontos positivos apontados.	A Unidade não estabelece objetivos, metas e programas ambientais.
3. Recursos, funções, responsabilidade e autoridades	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Existem responsabilidades relacionadas ao meio ambiente dentro da Unidade; Há uma avaliação de desempenho ambiental parcial, computando o consumo de água por aluno e comparando entre as Unidades pela PRO INFRA; A universidade disponibiliza recursos financeiros para a gestão ambiental.	As responsabilidades sobre assuntos de meio ambiente não estão documentadas; A avaliação de consumo de água por aluno apesar de existir não é documentada; Os recursos disponibilizados para a gestão ambiental não são fixos (NARA).
4. Competência, treinamento e conscientização	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Os empregados e prestadores de serviço são treinados e conscientizados sobre como seus serviços e atividades impactam o meio ambiente.	Neste item não houve pontos negativos apontados.
5. Comunicação	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A infraestrutura da Unidade mantém comunicação com os alunos, professores e funcionários; As comunicações feitas à Infraestrutura são recebidas, analisadas e respondidas por meiode ordem de serviço passadas aos funcionários; São definidas responsabilidades internas pararesponder às comunicações recebidas.	Não foi informado o canal usado pela infraestrutura da Unidade para manter comunicação com os alunos, professores e funcionários.
6. Controle Operacional	
6.1 Resíduos	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**

Existem depósitos de resíduos, estes são pavimentados e dotados de mecanismos que evitam a contaminação do solo e o transportede resíduos para a drenagem pluvial; A Unidade possui um inventário de resíduos por meio de um relatório feito por empresa especializada, e mantém esse atualizado; Sempre que necessário são realizadas análisespara identificar a classe de resíduos. Os resíduos perigosos possuem inventário atualizado em conformidade com a lei; O descarte dos resíduos do posto médico é realizado corretamente; Existe separação do resíduo a ser coletado pela SLU; A Unidade treina os funcionários da limpeza em relação à gestão e reaproveitamento dos resíduos sólidos;	A Unidade realiza transporte de resíduos apenas até o abrigo de resíduos; Não existe programa de redução da geração de resíduos; A Unidade não realiza fiscalização da geração de resíduos da empresa 'Cantina Universitária' deixando para a própria cantina essa responsabilidade.

6.2 Água	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
A Unidade mantém controle do uso de água e mantém programa de racionalização do consumo; Existe tentativa de conscientizar os alunos e funcionários para a economia do consumo de água; Existe programa de reutilização das águas pluviais na Unidade;	Não existe programa de reutilização das águas cinzas; Não há fiscalização do consumo de água da empresa 'Cantina Universitária'.
6.3 Energia	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Há uma preocupação com relação a tipo de lâmpada utilizada; Existe tentativa de tentar conscientizar os alunos e funcionários para a economia de energia na Unidade; Existem projetos futuros visando à diminuição do consumo de energia; A Unidade opta pela compra de lâmpadas mais econômicas; Quando não estão em funcionamento existe aorientação para alguns aparelhos serem retirados da tomada; A Unidade mantém controle do consumo de energia e também programa de racionalização do consumo.	Nem todas as lâmpadas já foram substituídas por lâmpadas de led que são mais econômicas; Nem todos os aparelhos eletrônicos são retirados da tomada quando não estão em uso; Não há fiscalização do consumo de energia da empresa 'Cantina Universitária'.
6.4 Aspectos Gerais	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**

Para as tarefas que geram riscos, existem procedimentos operacionais que incluam os cuidados ambientais necessários, tanto em termos de ações preventivas quanto com o objetivo de minimizar ou eliminar tais riscos.	Não foi relatado se nos procedimentos operacionais são estabelecidos critérios para ocontrole dos parâmetros ambientais aceitáveis.
Monitoramento e Medição	
(+) Pontos positivos	**(-) Pontos a melhorar**
Existem procedimentos e plano de monitoramento relacionado às atividades significativamente impactantes ao meio ambiente, a Copasa monitora a saída de efluentes; Os registros de medição de água e energia são adequadamente calibrados, com periodicidade definida, e os documentos arquivados.	Neste item não houve pontos negativos apontados.

Os Funcionários da Pró-Pró-Reitoria de Infraestrutura, de modo geral, entendem os processos e atividades sustentáveis propostas pela Unidade, muitos, inclusive, se encontram engajados diretamente em atividades que tangem esta temática. Porém, outros por sua vez, desconhecem os caminhos de sustentabilidade propostos pela Unidade e sugerem uma maior interação entre as esferas da comunidade acadêmica, o que geraria melhorias consideráveis nos parâmetros de sustentabilidade da Unidade em estudo. Após diagnóstico deu-se a etapa de elaboração dos planos de ação. Esses planos são ações descritas através de frases curtas e que surgem com o objetivo de superar parcialmente os pontos a melhorar identificados na etapa posterior. Para os alunos sugere-se ações que tangem o mapeamento e a elaboração/divulgação de atividades educacionais e sócio-ambientais, conforme apresentado na tabela 9.

Tabela 9- Planos de Ações voltadas para os alunos.

Resíduos
Realização de campanhas de sensibilização com a comunidade acadêmica referente ao descarte adequado dos resíduos. Instalação de mais lixeiras, em pontos estratégicos (maior movimentação e visibilidade), para coleta seletiva. Criação de estratégias (palestras, seminários, mostras etc) para que o tema "Gestão consciente deresíduos sólidos" esteja ao alcance de todos os cursos da PUC - Unidade Barreiro. Realizar parcerias com centros de coleta seletiva, organizações não governamentais, empresas de reciclagem, artesãos para que estes possam fazer a coleta dos resíduos aqui gerados. Criação de uma Oficina de Reciclagem, em parceria com o Projeto de Extensão - Engenharia Sustentável, com o intuito de desenvolver estratégias de utilização dos resíduos dentro da Unidade Barreiro.
Água
Criar estratégia de divulgação sobre o que o aluno deve fazer quando identificar um vazamento de água. Desenvolver campanhas de uso consciente dos recursos hídricos, abordando de forma clara a importância da economia de água. Promover eventos que desafiem os alunos a pensar em novas formas de economizar a água e/ou reutilizá-la.
Energia
Melhoria nos sensores de mictório nos banheiros masculinos. Confeccionar cartazes com lembretes (que deverão ser afixados próximo aos interruptores de luz eventiladores) de sempre desligar a luz e/ou ventilador ao sair da sala; Desenvolver campanhas de uso consciente da energia.

Para os professores, sugere-se o empenho em atividades a serem realizadas em ambientes comuns a esta classe, tais como salas de professores. Além de propor um processo de formação continuada sobre a temática, levando em consideração o poder formador desta camada da comunidade acadêmica (Tabela 10).

Tabela 10 - Planos de Ações voltadas para os professores.

Resíduos
Realização de campanhas de divulgação de coleta seletiva e sua destinação na Unidade Barreiro, para apresentar os locais onde se às lixeiras de coleta seletiva. Implementar novas lixeiras de coleta seletivas na Unidade, mais próximas das salas e dos prédios. Criar e implementar uma lixeira específica para latas de refrigerante nas áreas de lanche da Unidade. Destinar as latas coletadas aos catadores da região.
Água
Realizar uma campanha de uso consciente dos recursos hídricos, abordando de forma clara a importância da economia de água, com a efetiva participação dos professores, a divulgação deve ter a ativa participação destes.
Energia
Implantar etiquetas informativas sobre o uso consciente da energia elétrica das salas, ou seja, o uso de luz e ventiladores. Inclusive nos laboratórios.

Os Planos de Ações voltadas para os Funcionários/Pró-Reitoria de Infraestrutura da Unidade Barreiro tangem a necessidade de formação continuada e desenvolvimento de habilidades de gestão ambiental. Já que estas habilidades trará a esta parcela a sensação de pertencimento do Plano de Gestão Ambiental, o que é de extrema valia para o bom andamento e desenvolvimento das atividades visam tornar a Unidade cada vez mais sustentável. Estas ações são propostas na Tabela 11.

Tabela 11 - Planos de Ações voltadas para os Funcionários/Pró-Reitoria de Infraestrutura da Unidade Barreiro.

Política ambiental
Elaborar uma política ambiental; Adotar uma política ambiental.
Objetivos, Metas e Programas
Estabelecer objetivos, metas e programas ambientais e cumpri-los.
Recursos, funções, responsabilidade e autoridades
Documentar responsabilidades sobe assuntos de meio ambiente; Definir responsáveis sobre assuntos de meio ambiente; Avaliar consumo de água por aluno e documentar; Disponibilizar recursos fixos para a gestão ambiental;

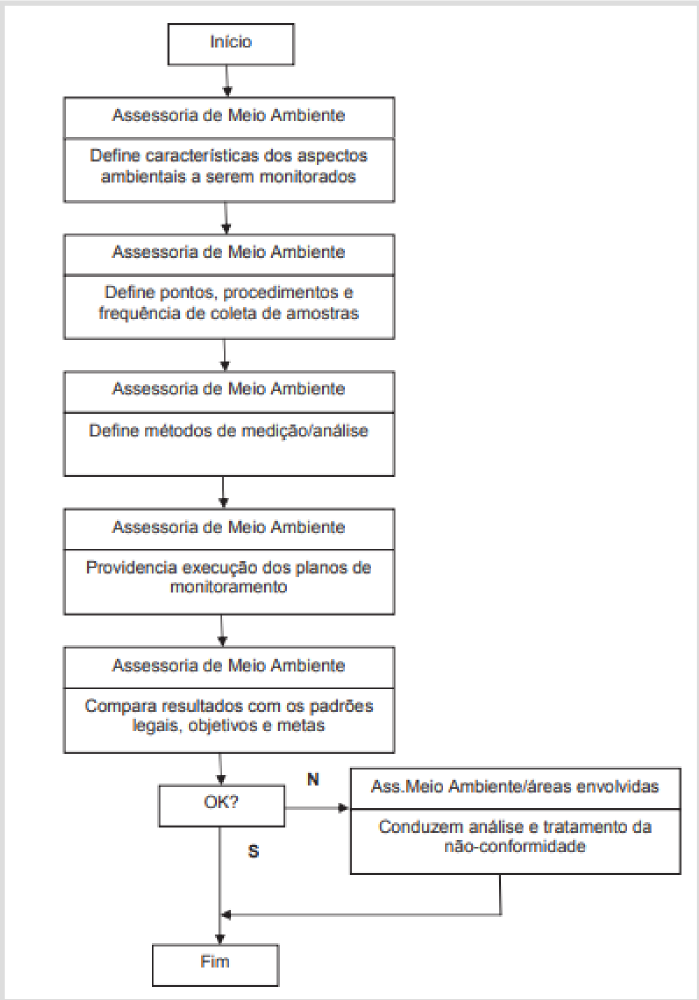
Avaliar o desempenho ambiental da Unidade.
Competência, treinamento e conscientização
Investir mais tempo em conscientização dos funcionários sobre como seus serviços e atividadesimpactam o meio ambiente; Dar treinamentos específicos sobre impactos ambientais.
Comunicação
Definir canal de comunicação com os alunos, professores e funcionários.
Controle Operacional
Resíduos
Dar destinação final adequada e ambientalmente correta aos resíduos gerados na unidade; Promover programa de redução da geração de resíduos; Fiscalizar a geração de resíduos da empresa 'Cantina Universitária'.
Água
Promover programa de redução do consumo de água; Reutilizar águas cinzas; Fiscalizar o consumo de água da empresa 'Cantina Universitária'.
Energia
Substituição de todas as lâmpadas por lâmpadas de Leed mais econômicas; Instruir funcionários a retirar aparelhos eletrônicos da tomada quando não estiverem em uso; Fiscalizar o consumo de energia da empresa 'Cantina Universitária'.
Aspectos Gerais
Estabelecer critérios nos procedimentos operacionais para o controle dos parâmetros ambientais aceitáveis.
Monitoramento e Medição
Melhorar o arquivamento de documentos e registros de medições.

Após as análise, dos apontamentos realizados pela comunidade acadêmica, propôs-se ações simples que visaram minimizar os pontos negativos relatados pelos usuários da comunidade. Após a proposição e execução das ações, realizou-se o monitoramento dos impactos destas ações na Sustentabilidade da Unidade, este monitoramento pode ser definido como um sistema continuo de observações, medições e avaliação, onde se objetiva: A documentação dos impactos resultantes; O alertar para possíveis impactos adversos; Oferecer informações imediatas, e dar informações que permitam avaliar medidas corretivas para posterior modificação.

Desta forma, o monitoramento se torna uma importante ferramenta de verificação do sistema, na qual a existência de dados numéricos permite o

estabelecimento de indicadores de desempenho ambiental como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 - Fluxo básico para o procedimento de monitoramento.



Fonte: Moreira, 2006.

Para determinar as características a serem monitoradas e avaliadas se faz necessário consultar as legislações aplicáveis relacionadas aos aspectos ambientais, onde as leis aplicáveis aos aspectos significativos indicam quais elementos devem ser medidos e quais limites aceitáveis. E para a elaboração do plano de monitoramento, parte efetiva de um bom sistema de gestão, tem como método auxiliar o plano de monitoramento ferramentas que possam auxiliar no controle dos processos, verificações e controle nos planos de ações utilizando algumas perguntas que visam direcionar, planejar, definir as responsabilidades e quantificar as ações.

Na primeira fase do estudo foram utilizados métodos para a realização de

diagnóstico, sendo fundamentados a partir do livro "Estratégia e implantação do Sistema de Gestão Ambiental" da autora Maria Suely Moreira. Os resultados preliminares à implementação de um Sistema de Gestão Ambiental – SGA – na PUC Minas Barreiro foram obtidos por meio de uma pesquisa exploratória-descritiva, realizada por questionários de avaliação ambiental que foram respondidos pelos alunos, professores e funcionários dos diversos setores da Unidade Barreiro.

A partir dos resultados encontrados, foi elaborada uma lista de ações sustentáveis contemplando todas as iniciativas que podem ser adotadas para mitigar ou erradicar as ações prejudiciais ao ambiente. O modelo proposto para a gestão ambiental em uma Instituição de Ensino Superior baseou-se nas boas práticas já aplicadas em outras Universidades Sustentáveis pelo Brasil e no exterior e sua estruturação foi concebida a partir das normas para sistemas de gestão ambiental, NBR ISO 14001 e NBR ISO 14004 (ABNT, 1997a; 1997b), além do ciclo PDCA.

Na segunda fase do estudo e visando padronizar o projeto de extensão "Engenharia Sustentável" na PUC Minas, campus Barreiro, optou-se por seguir as diretrizes de implantação da ISO 14001 realizado nas empresas, o qual tem como etapas principais: a elaboração do questionário para promover a percepção e, consequentemente, da necessidade de melhoria no gerenciamento ambiental; a elaboração do relatório acerca da situação atual, com base nos diagnósticos; o levantamento dos possíveis impactos, baseando-se em objetivos, metas e programas para atingir ambos; e, por último, elaboração do plano de ação.

Na parte do diagnóstico foi elaborado um levantamento dos pontos positivos e dos pontos a melhorar tomando como base os questionários aplicados em cada esfera analisada no âmbito da PUC Minas Barreiro. Após diagnóstico deu-se a etapa de elaboração dos planos de ação no que diz respeito a resíduos, água e energia. Os mesmos são ações detalhadas em cronogramas e em metas a serem alcançadas através das atividades programadas.

Os extensionistas realizaram inúmeras reuniões para levantamento dos objetivos e metas na gestão de resíduos onde foram realizadas diversas ações como sensibilização, campanhas e treinamento e controle com a comunidade interna para alcançar o objetivo de redução em 50 % dos resíduos gerados com implantação de composteiras juntamente com a comunidade interna.

Na gestão das águas as ações realizadas como sensibilização, campanhas,

elaboração de adesivos para implantação nos banheiros e perto de bebedouros, treinamento e controle com a comunidade interna para alcançar o objetivo de redução em até 30 % de água.

Na gestão de energia as ações realizadas como sensibilização, campanhas, elaboração de adesivos para implantação nos banheiros e salas de aula, treinamento e controle com a comunidade interna para alcançar o objetivo de redução em até 30 % de energia.

Dentre as atividades propostas e executadas neste trabalho, cabe salientar uma ação exitosana área de Resíduos Sólidos Urbanos desenvolvida com os alunos de primeiro período dos cursos de Engenharia da Unidade. Foi desenvolvida uma atividade que tange o descarte de pilhas e baterias. Neste contexto, abordou-se a questão nacional de descarte de pilhas e baterias, que são descartadas, de forma errônea, juntamente com o lixo comum ou são deixadas nas gavetas, por falta de conhecimentos do destino correto e dos riscos que representam à saúde humana e ao meio ambiente. Salientou-se que o aumento e uso de aparelhos eletroeletrônicos, consequentemente, aumentou-se também o consumo de pilhas e baterias que ao serem descartadas em lixões ou aterros sanitários liberam componentes tóxicos contaminando o meio ambiente. Este tipo de Resíduo Especial apresenta em sua composição diversos tipos de metais pesados, tais como o mercúrio, ochumbo e o cádmio que são altamente nocivos e tóxicos ao meio ambiente e para os mamíferos eles podem atar afetando o sistema nervoso central, os rins, o fígado, os pulmões, sabe-se ainda que o cádmio é carcinogênico e que o mercúrio também provoca mutações genética.

Visando minimizar o problema, o Projeto de Extensão Engenharia Sustentável da Unidade PUC Barreiro, juntamente com as Disciplinas de Química Geral e Química do Materiais (Lecionadas pelo Professor Doutor Bruno Christiano Silva Ferreira) teve como objetivos gerais além de um ensino mais motivador da química voltada para a Engenharia , a conscientização dos alunos e da comunidade, para mudança de hábito, dando um destino correto às pilhas e baterias inservíveis.

Foram disponibilizados inúmeros pontos de recolhimento de pilhas na Unidade Barreiro, pela ProReitoria de Infraestrutura, e carinhosamente chamados de “papa pilhas”. Visando a Divulgação destes "papa pilhas”, o professor responsável pelas disciplinas de Química da Unidade Barreiro desenvolveu atividades que englobaram

conhecimentos de Eletroquímica, Corrosão e de cunho ambiental para motivar os alunos a se engajarem no processo de descarte de pilhas e baterias de forma correta, e destinando-as aos papa pilhas ao término do semestre letivo. As atividades foram desenvolvidas a partir da segunda semana do mês de agosto de 2019 e findaram-se na últimasemana do mês de outubro do mesmo ano.

Toda arrecadação de pilhas e baterias foi encaminhada a pontos de descarte em maior escala credenciados pela a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), através do Programa ABINEE Recebe Pilhas. Nestas atividades, foi possível a coleta de 364 kg de pilhas e baterias pelos 81 alunos de Engenharia - envolvidos na atividade, perfazendo uma médiade 4,5 kg deste tipo de resíduo por aluno.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou os princípios fundamentais do Sistema de Gestão Ambiental segundo a norma NBR ISO 14001, e um exemplo prático da aplicação destes conceitos. Sua implantação visa amenizar ou eliminar os impactos ambientais advindos dos processos de energia,resíduos e água. Nesse sentido, o conjunto de ações empreendidas pelas empresas durante a implantação do SGA trazem melhorias ao meio ambiente.

Sabe-se que o consumo e a produção excessiva geram a escassez dos recursos naturais e que o mundo não se sustentará neste ritmo alarmante conduzido pelo vigente modelo econômico. Noções de desenvolvimento sustentável vêm sendo discutidas e aos poucos, as universidades também estão se inserindo nesse contexto.

A PUC Minas Unidade Barreiro, em seu conjunto, apresentaram um satisfatório grau de preocupação com o meio ambiente e com a conservação dos recursos naturais nos limites impostos pela sua área de atuação. O fato de colaborarem nas respostas ao questionário e se interessarem pelo tema já demonstra um grau considerável de consciência ambiental.

Conclui-se que com a implantação do SGA visa amenizar ou eliminar os impactos ambientais advindos dos processos produtivos. Nesse sentido, o conjunto de ações empreendidas pelas empresas durante a implantação do SGA trazem melhorias ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BAZZO & PEREIRA; Introdução à Engenharia; EDITORA DAUFSC; 1993.

BETTI, M.; CARVALHO, Y.M.; DAOLIO, J.; PIRES, G.L.; A avaliação da educação física em debate: implicações para a subárea pedagógica e sociocultural; REVISTA BRASILEIRA DE PÓS-GRADUAÇÃO; V.1; 2004.

COELHO, M. G.; MARAGNO, A. L. F.; BURJAILI, M. M.; POLÍTICA AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL de UBERLÂNDIA: DA CONCEPÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO; Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental; V. 4; 2016.

DRUZZIAN, E. T. V.; SANTOS, R. C. SISTEMA DE GERENCIAMENTO AMBIENTAL (SGA): BUSCANDO UMA RESPOSTA PARA OS RESÍDUOS DE LABORATÓRIOS DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO MEDIO E PROFISSIONALIZANTE. Revista Liberato, V. 7; 2006.

LETA, J.; Indicadores de desempenho, ciência brasileira e a cobertura das bases informacionais; REVISTA USP; 2011.

MOREIRA, M. S. ; Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental: modelo ISO 14.000;INDG TECNOLOGIA E SERVIÇOS LTDA; 2006.

NUNES, A. A., BRANDÃO, J. L. D., ROSA, K. D., JACOB, R. S., DAVID, R. A., PROJETO DE EXTENSÃO ENGENHARIAS SUSTENTÁVEL, Brazilian Journal of Development, V.5, N.7, 2019.

RIBEIRO, A. L.; Avaliação de barreiras para implementação de um sistema de gestão ambientalna UFRGS.In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção; 2005.

TAUCHEN, J. BRANDLI, L.: Gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo paraimplantação em campus universitário; GESTÃO & PRODUÇÃO, V.13; 2006.

VASCONCELOS, C. dos S.; COORDENAÇÃO DO TRABALHO PEDAGÓGICO: DO PROJETO POLÍTICO-PEDAGÓGICO AO COTIDIANO AS SALA DE AULA. Libertad, 2006.

VAZ, C. R; SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR: UMA REVISÃO. GEPROS. GESTÃO DA PRODUÇÃO, Operações e Sistemas; n.3; 2010.

CAPÍTULO 08

O ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA POR AGREGADOS DE ESPUMAS RÍGIDAS DE POLIURETANO EXPANDIDO NO CONCRETO SEM FUNÇÃO ESTRUTURA

Jullie Anne da Silva Sampaio
Formação acadêmica mais alta: Pós-graduanda em Auditoria, Avaliações e Perícias de Engenharia
Endereço: Estrada de Ribamar, Km 07, número 4000.
E-mail: jullieannesampaio@gmail.com

Débora Cristina Coutinho Vilas Boas
Formação acadêmica mais alta: Mestre em Engenharia Mecânica e Aeroespacial pelo Instituto Tecnológico da aeronáutica - ITA
Endereço : Rua Josué Montello, n. 1, Bairro: Renascença II, São Luís/MA, 65075-120
E-mail: engdebora@gmail.com

RESUMO: O reaproveitamento das espumas rígidas de poliuretano expandido obtidas através do descarte de refrigeradores de uma microempresa situada na cidade de São José de Ribamar, Maranhão, procurou elaborar um concreto com substituição parcial do agregado miúdo por resíduos de poliuretano (PU) com o intuito de atenuar a mineração da areia e auxiliar no descarte desse polímero de forma estratégica e eficiente. É notório que a racionalização, o controle de recursos naturais, a reciclagem de resíduos e a diminuição da carga de poluição na atmosfera, juntam-se ao proposto pela indústria 4.0. O objetivo foi investigar os benefícios da substituição parcial da areia pelo PU mediante ao ensaio de resistência à compressão axial simples dos corpos de prova de concretos. As porcentagensforam 0, 15, 30 e 45 % de PU com 36 corpos de prova rompidos com 7, 14 e 28 dias de cura. Os resultados exibiram valores significativos para a finalidade não estrutural com ressalto para 30 % e 45 % de PU atingindo 18,54 MPa e 18,02 MPa. A porcentagem de 15 % de PU apontou uma média de 21,26 MPa, mostrando-se satisfatória para a finalidade estrutural.

PALAVRAS-CHAVE: Areia; Espumas rígidas de poliuretano expandido; Concreto.

ABSTRACT: The reutilization of rigid expanded polyurethane foams obtained through the disposal of refrigerators of a micro company located in the city of São José de Ribamar, Maranhão, sought to elaborate a concrete with partial replacement of the small aggregate by polyurethane (PU) waste inorder to attenuate sand mining and assist in the disposal of this polymer in a strategic and efficient way. It is remarkable that the rationalization, control of natural resources, waste recycling and reduction of the pollution load in the atmosphere, join the 4.0 proposed by the industry. The objective was to investigate the benefits of partial replacement of sand by PU by testing the resistance to simple axial compression of concrete proof bodies. The percentages were 0, 15, 30 and 45 % of PU with 36 broken specimens with 7, 14 and 28 days of cure. The results showed significant values for non-structural purpose with rebound for 30 % and 45 % of PU reaching 18.54 MPa and 18.02 MPa. The percentage of 15 % of PU showed an average of 21.26 MPa, proving satisfactoryfor the structural purpose.

KEYWORDS: Sand; Expanded polyurethane rigid foam; Concrete.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material constituído de um meio amontoado, onde estão concentradas partículas de agregados fragmentados, ou seja, é qualquer produto ou massa gerado com base no intermédio da aplicação de um cimentante. Em geral, essa produção é fruto da reação entre um cimento hidráulico e água, no entanto a fabricação do concreto possibilita uma larga aplicação de vários tipos de cimento que podem interferir nas suas características e propriedades de resistência (MEHTA & MONTEIRO, 1994; NEVILLE & BROOKS, 2013).

O crescimento da construção civil tem ocasionado maior demanda na utilização do concreto e isso implica no maior consumo de matérias primas. Este fato tem O crescimento da construção civil tem ocasionado maior demanda na utilização do concreto e isso implica no maior consumo de matérias primas. Este fato tem ocasionado maiores atenções com a associação da limitação de muitos dos recursos naturais e ao volume das emissões de CO2 na atmosfera. Para a redução do usodestes recursos, tem-se procurado por meios de tecnologias tradicionais de produção e a substituição nas técnicas produtivas da utilização dos elementos da natureza por outros materiais de impacto ambiental reduzido (LIMA *et al*., 2014; GUIGNONE, 2017).

Para Almeida de Sá (2006), a mineração da areia é uma das maiores e mais importantes indústrias de mineração do mundo em volume, porém é que mais agride o meio ambiente pois a sua retirada através de um rio, atinge a sua calha natural.

Em consequência de ser um polímero termorrígido, o poliuretano não pode ser derretido para novamente ser utilizado, o que proporciona a formação de resíduos de difícil decomposição. Consequentemente, o impacto disso é o acúmulo do material em aterros e lixões. Por esse motivo, éde grande relevância o seu reaproveitamento. Nesse contexto, a reutilização da espuma rígida de poliuretano no concreto possui o desígnio de colaborar no descarte desse material de forma mais viável.

Com base no suporte dos argumentos sobreditos, esta pesquisa demanda uma alternativa ambientalmente adequada para a direção final de resíduos de PU e o seu reuso na substituição parcial do agregado miúdo, em virtude da diminuição da extração de matéria-prima (areia natural) utilizada no concreto.

1.1 INDÚSTRIA 4.0 E A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Devido ao crescimento populacional e a migração da zona rural para o centro urbano, a indústria da construção civil encaminha-se como uma das principais vilãs da atualidade, sendo encarregada por grande atribuição da porção total do lixo produzido, que poderia ser reutilizado e/ou reciclado adentro das construções. À vista disso a implantação de medidas sustentáveis tem se sobressaído paulatinamente, cujo notável objetivo é a redução do consumo dos recursos naturais disponíveis para impedir a sua míngua futura (ANDRADE *et al*., 2020).

O refugo inadequado de resíduos sólidos no biossistema urbano concebe vários efeitos prejudiciais ao meio ambiente. Os aterros sanitários demandam de disposições adequadas ambientalmente para a distribuição destes resíduos, no entanto somente a sua disposição nos aterros sanitários não representa a melhor saída de tratamento e destinação final (SANTOS JUNIOR; GURJÃO; ARAÚJO NETO, 2020).

De acordo com Bolsoni (2008), a expansão populacional em centros urbanos, o desenvolvimento da tecnologia e da sociedade provocam mudanças nas práticas consumistas que ocasionam um grande acréscimo na parcela de resíduos sólidos. seu gerenciamento transformou-se em um desafio que a sociedade contemporânea precisa confrontar.

Para Souza (2017), o emprego de matérias-primas oriundas do reaproveitamento e reciclagem de produtos que, de outra forma, estariam causando problemas para o meio ambiente, além daquelas remanescentes de processos industriais com baixo impacto ambiental e com certificado de origem, ou "selo verde" são práticas que devem ser adotadas como rotina nas construções dos canteiros.

As características relativas às tecnologias inovadoras que transformam consideravelmente e em grande velocidade os padrões das formas de produção nas indústrias desencadeadas por fenômenos econômicos e sociais que modificam profundamente a humanidade são marcadas pelas revoluções industriais. De acordo com essa evolução, nos últimos anos têm surgido diversas tecnologias que se consolidam no campo industrial. A imagem da indústria 4.0 contém todas essas inteligências que são os pilares essenciais para contemporizar a quarta revolução industrial, no qual fabricação e tecnologia de informação são ambientadas com a capacidade para modificar a produção e alterar o caráter dos relacionamentos

(GARCÍA, 2020).

Vários países e cidades têm atuações relacionadas com a tecnologia em benefício com o desenvolvimento da percepção de cuidar bem do planeta. As tecnologias podem compor-se em: disposição final ou tratamento intermediário, para minimizar a periculosidade dos mesmos, facilitando a sua reutilização ou reciclagem (VG RESÍDUOS, 2017).

O advento das usinas inteligentes está sendo criada no Brasil através da indústria 4.0 para economizar a gestão de resíduos das instituições. Essa dinâmica é vista como a quarta revolução dosetor, apontada principalmente pela digitalização e robotização. Ao adotar esse novo modelo, as empresas brasileiras terão que reproduzir poucos resíduos, manejando coerentemente as matérias- primas e reciclando-os (VG RESÍDUOS, 2018).

Quando se prescreve esse conceituação na gestão dos resíduos sólidos,conta-se que até 2030 haverá coletas e separação de lixo robotizadas. E com o reaproveitamento de resíduos, as indústrias economizarão com a obtenção da matéria prima acarretando em benfícios econômicos e zero geraçãode lixo industrial (BRITO, 2017).

1.2 REAPROVEITAMENTO DAS ESPUMAS RÍGIDAS DE PU EXPANDIDO NA CONTRUÇÃO CIVÍL

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 307/02 junto com a CONAMA n° 431 (2011) distribuíram os materiais em classes: A (reutilizáveis ou recicláveis como tijolos, blocos, placas de revestimento), B (recicláveis como plástico, vidro, gesso), C (sem tecnologia viável para reciclagem ou recuperação) e D (perigosos como tintas, óleos, solventes).

Por estimular o desenvolvimento econômico de um país de forma significativa, a construção civil é considerada uma atividade de suma relevância. Em contrapartida, tem sido vista como uma das atividades que mais provoca impactos ao meio ambiente, conforme o consumo de recursos naturais, formação de resíduos, mudança da paisagem e, na maioria das vezes, falta de práticas de gestão ambiental adequadas e despejo em locais inapropriados. É necessário uma redução circular para a diminuição destes impactos ambientais (SANTOS *et al.*, 2018).

O reaproveitamento dos resíduos das espumas rígidas de poliuretano expandido, inserindo-os mais uma vez à cadeia produtiva para a utilização na construção civil, encontra-se como uma opção economicamente viável e capaz de diminuir o impacto ambiental originado pelo despojo destes resíduos (BOLSONI, 2008).

O poliuretano trata-se de um polímero termofixo que pode ser moldado apenas uma vez. Subsistem, respectivamente, quatro tipos de reciclagem para esta classe de material: química, mecânica, energética e por degradação. Cada fato deve ser estudado de maneira abrangente na escolha e método a ser utilizado, no entanto a reciclagem mecânica manifesta-se efetiva, sendo produtiva por trazer vantagens econômicas e por reduzir os impactos ambientais negativos exercidos por estes resíduos. (STALTER; MORAES; BREHM, 2016).

Para Mariano (2009), a espuma rígida de poliuretano (PU) pós-consumida é um material que consegue ser reutilizado no concreto. Seu reprocessamento é apetecível na perspectiva ecológica, por acrescentar a vida útil de um resíduo tóxico e substituir parcialmente o agregado miúdo que é um recurso limitado. Porém, é de suma importância destacar que a utilização da espuma rígida de PU não atende à dificuldade ecossistêmica conectada à extração da areia. Desta forma, a aplicação de PU em concretos reduz minimamente a exploração do agregado miúdo, todavia a sua demasiada vantagem é dar uma melhor direção às espumas de PU pós-consumidas poupando a necessidade de usar aterros especiais para o seu despojo.

2. METODOLOGIA

Os materiais aplicados para a realização dos ensaios foram Cimento Portland resistente aos sulfatos de classe de resistência 32 MPa (CPIV-32 RS). Os agregados empregados para os ensaiosforam: areia fina e brita 0, estocados nas dependências do laboratório de materiais da Universidade CEUMA e espuma rígida de poliuretano expandido retirada do gabinete de um freezer fornecido pela microempresa Comercial Oeste. A água utilizada para a produção dos concretos foi proveniente da rede de abastecimento local.

A prática consiste em ensaios de laboratório: ensaio do teor de umidade da areia - NBR 6467(ABNT, 2006); ensaio da composição granulométrica dos agregados - NBR

7211 (ABNT, 2009);ensaio de determinação da massa específica e massa específica aparente do agregado miíudo - NBR NM 52 (ABNT, 2009); ensaio da massa unitária e compactada da brita- NM 45 (ABNT, 2006); ensaio do abatimento de tronco de cone - NBR NM 67 (ABNT,1998); ensaio para a preparação dos corpos de prova - NBR 5738 (ABNT, 2015) e o ensaio de compressão axial simples do concreto - NBR 5739 (ABNT, 2018), sendo estes ensaios executados no laboratório de materiaisda Universidade CEUMA- Campus Renascença e os resultados analisados quantitativamente utilizando gráficos e tabelas.

Com base nos materiais e métodos acima citados, destaca-se a seguir conforme mostra a figura 1, o qual representa a espuma rígida de poliuretano retirada do gabinete de um freezer, sendoesta de extrema importância para se compreender o contexto da pesquisa.

Figura 1 – Espuma rígida de poliuretano retirada do gabinete de um freezer.



Fonte: Autor, 2020.

O agregado miúdo foi substituído por resíduos de PU em volume nas porcentagens de 15 %, 30 % e 45 %, foi empregado o mesmo traço do concreto de referência. As quantidades dos materiais para cada traço foram determinados levando em conta 1 m³ para preencher 9 corpos-de-prova de 10 cm x 20 cm. Adotou-se uma resistência característica de compressão axial simples de 20 MPa, definindo-se o abatimento de tronco de cone entre 8 cm e 10 cm, encontrando o traço unitário de 1;1,97;2,54;0,58 para o concreto convencional e de referência.

Os traços estudados foram misturados de acordo com metodologia estabelecida pela ABNT NBR 12821:2009. A metodologia pressupõe a utilização dos resíduos de poliuretano expandido emproporção para a substituição em volume de areia de 15 %, 30 % e 45 %.

A preparação dos corpos de prova foi exercida colocando 3 camadas de

amostras de concreto recolhida diretamente da betoneira, aplicando 12 golpes com soquete padrão em cada camada, consoante as recomendações da NBR 5738: 2015.

A cura dos corpos de prova, foi realizada após sua moldagem, através da colocação dos mesmo em um ambiente livre de vibrações e protegido de adversidades durante 24 horas.

Posteriormente, realizou-se o ensaio de resistência à compressão axial simples em consoante com a NBR 5738 (ABNT,2015), nas idades de 7, 14 e 28 dias. O ensaio foi feito em uma máquina de compressão automática. O trabalho limitou-se em avaliar as modificações nas resistências mecânicas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o ensaio de granulometria do agregado miúdo, o material utilizado foi a areia fina. As características granulométricas da areia estão apontadas no gráfico 1.

Gráfico 1 – Ensaio granulométrico do agregado miúdo (NBR 7211:2009).



Fonte: Autor, 2020.

Os resultados do ensaio de granulometria do agregado miúdo determinaram as suas características físicas, identificando que a areia utilizada está dentro dos valores prescritos na norma. A espuma rígida de PU foi triturada no liquidificador para substituir diferentes porcentagens da areia na constituição do concreto. Como o material é muito fino, não se desempenhou a sua composição granulométrica e, nem representou o ensaio da determinação da massa específica e aparente, já que o material ficou flutuando sobre a água.

Figura 2 – Poliuretano Triturado.



Fonte: Autor, 2020.

A figura 2 retratada, denota que a composição mais fina do poliuretano triturado indica um formato bem aproximado ao do agregado natural peneirado na peneira de 0,15 mm representado na figura 3.

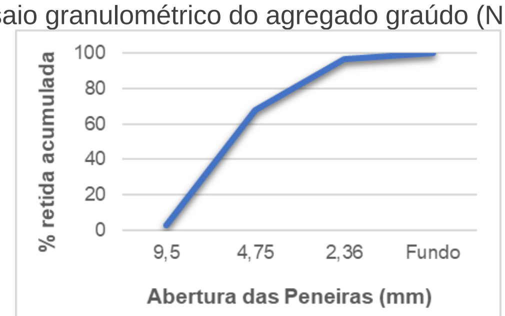
Figura 3 – Areia fina representada na peneira de 0,15 mm.



Fonte: Autor, 2020.

O agregado graúdo atribuído foi a brita 0. Foram realizados os ensaios de determinação da composição granulométrica, densidade real, massa unitária solta e compacta.

Gráfico 2 – Ensaio granulométrico do agregado graúdo (NBR 7211:2009).

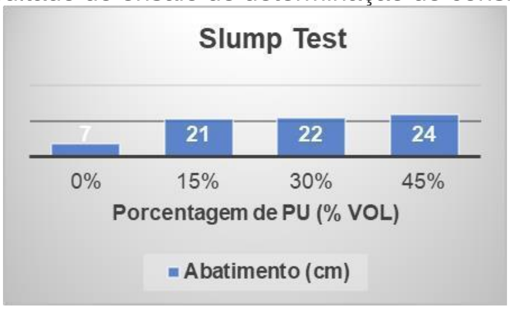


Fonte: Autor, 2020.

Com base nos resultados encontrados e apontados no gráfico 2, a brita 0 apresentou uma boa qualidade para a sua aplicação na preparação de concretos.O resultado do ensaio de determinação de consistência para cada teor de espuma de

poliuretano rígido expandido pode ser encontrado no gráfico 3 correspondente exposto abaixo, respectivamente:

Gráfico 3 – Resultado do ensaio de determinação de consistência.



Fonte: Autor, 2020.

Mediante aos resultados obtidos nas misturas com os vários teores de PU, observou-se uma diferença no comportamento do resultado do Slump Test em relação ao concreto de referência com 0 % de PU, demonstrando um maior abatimento da mistura de concreto, tornando-o muito fluido.

No ensaio de determinação de consistência, o concreto com agregados de PU apresentou uma fluidez em comparação ao concreto sem resíduos e boa homogeneidade m relação a distribuição dos grãos do polímero.

A figura 4 apresentada a seguir, denota o abatimento do tronco do cone, com objetivo de facilitar a compreensão do assunto abordado.

Figura 4 – Abatimento do tronco de cone.

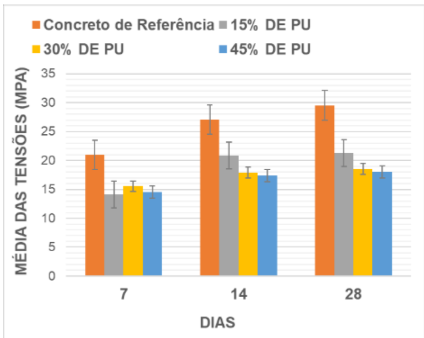


Fonte: Autor, 2020.

Observou-se na figura 4, que na medida em que ocorre a substituição da areia por rejeitos de PU, o valor do abatimento cresce, ou seja, quanto maior a concentração em volume de rejeitos rígidos na mistura, maior é o seu valor de abatimento.

No ensaio de compressão axial analisou-se que os diferentes teores de PU influenciaram diretamente na resistência à compressão axial do concreto, como destacado no gráfico 4 a seguir.

Gráfico 4 – Resistência à compressão axial simples dos concretos.



Fonte: Autor, 2020.

Com base nos resultados obtidos na tabela anterior, nota-se que a proporção de 15 % de PU, teve melhor ganho de resistência à compressão axial simples, com acréscimo de 28 % em comparação ao concreto de referência na idade de 28 dias. Nesse contexto, os valores avaliados para os concretos com 30 % e 45 % de PU tiveram resistência baixa na medida em que se aumenta a porcentagem de grãos de espuma rígida de poliuretano, sendo ideal para finalidade não estrutural.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de compressão axial.

TRAÇOS	Compressão Axial simples (MPa)					
	7 dias	Média aritmética do CP	14 dias	Média aritmética do CP	28 dias	Média aritmética do CP
Concreto de referência	22,08		26,41		27,93	
	19,56	20,93	27,74	27,07	29,37	29,52
	21,15		27,07		31,25	
Concreto com 15 % de PU	14,31		19,49		21,52	
	13,15	14,14	20,65	20,86	21,00	21,26
	14,95		22,45		21,25	
Concreto com 30 %de PU	15,46		18,91		21,52	
	16,83	15,54	17,67	17,91	18,12	18,54
	14,34		17,14		15,99	
Concreto com 45 %de PU	16,02		19,12		18,12	
	13,41	14,54	16,81	17,37	17,11	18,02
	14,18		16,18		18,82	

Fonte: Autor, 2020.

Constatou-se através do resultado encontrado na tabela 1 que as resistências à compressão cresceram consideravelmente à cada idade em conformidade com cada

traço de concreto estabelecido. Os concretos que experimentaram aumento da quantidade da substituição da areia pelo PU geraram uma resistência menor acerca do concreto convencional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados, pode-se concluir que os resíduos da espuma rígida de poliuretano expandido possuem características apropriadas para serem reutilizados e reciclados, reduzindo os impactos ambientais e econômicos causados pelos índices desses rejeitos nos depósitos de resíduos industriais.

Observou-se que no ensaio de determinação de consistência, que o concreto que continha PU apresentou fluidez em comparação ao concreto de referência, apresentando também uma boa homogeneidade. Os traços com PU não atingiram o slump de 8 cm a 10 cm no ensaio de tronco de cone.

Pelos resultados obtidos em ensaios de laboratório, no que repercute à resistência à compressão em corpos de prova de concreto, pode-se analisar que com adição de poliuretano temos uma queda na resistência sobre o concreto de referência, mas com o tempo de cura, como demonstrado nos resultados anteriores, os valores vão aumentando, mesmo quando se usa um percentual maior de rejeitos.

Experimentalmente, foi comprovado que nas proporções de 30 % e 45 % através dos resultados obtidos que é possível utilizar a fração triturada do material reciclado ao desempenho mecânico do concreto para fim não estrutural, e que no teor de 15 %, o concreto apresentou um resultado satisfatório para desempenho estrutural, conforme NBR 6118 (ABNT, 2014).

Todavia, entende-se também, que apesar do bom comportamento apresentado, outros estudos devem ser realizados com o objetivo de confirmar os resultados obtidos no presente ensaio.

É evidente que há viabilidade do reuso da espuma rígida de PU provenientes do gabinete de freezer no concreto para diversas aplicações como enchimentos, contrapiso, calçadas e fabricação de artefatos não estruturais, como blocos de vedação, meio-fio, sarjeta, canaletas, mourões e placas de muro.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12821: Preparação do concreto emlaboratório- Procedimento.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5738: Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro, 2015.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5739: Concreto- Ensaio de compressãoe corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro, 2018.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projetos de estrutura de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6467: Agregados- Determinação doinchamento do agregado miúdo- Método de ensaio.** Rio de Janeiro, 2006.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto- Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 45: Agregados- Determinação damassa unitária e do volume de vazios.** Rio de Janeiro, 2006.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 53: Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.** Rio de Janeiro, 2009.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR NM 67: Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.** Rio de Janeiro, 1998.

ANDRADE, C. R. B.; PASSOS, B. C.; GONZAGA, N. L.; PATEZ, R. R. (Orgs.). **Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade.** 1ª ed. Recife: UFRPE, 2020. p. 392-400.

BOLSONI, E. **Estudo do reaproveitamento e reutilização das espumas rígidas de poliuretano pós-consumo.** 2008. 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

BRASIL. Resolução Conama n°307, de 5 de julho de 2002. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, 05 jul. 2002. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 21 jul. 2020.

BRITO, A. A. F. A Quarta Revolução Industrial e as Perspectivas para o Brasil. Revista CientíficaMultidisciplinas Núcleo do Conhecimento, v.2, n,7, Outubro 2017, p.91-96

ENGETELES. **Tudo o que você precisa saber sobre a indústria 4.0.** Engeteles, Brasília/DF.Disponível em: <http://engeteles.com.br/industria-4-0-2017>. Acesso em: 09 julho. 2020.

GARCÍA, F. R. Revisíon de las tecnologías presentes en la industria 4.0. **Revista UIS Ingenierías,** v. 19, 2020, p. 177-192.

MARIANO, S. S. **Avaliação do efeito da substituição da areia por espumas rígidas de pós consumidas de poliuretando nas propriedades do concreto de cimento portland.**

2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e materiais.** 1ª ed. SãoPaulo: Pini,1994.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.p. 20 - 22.

SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. V. L.; SOUZA, A. L.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: tecnologias limpas e boas práticas de economia circular**. 1ª ed. Recife: UFRPE, 2018.p. 10-19.

SANTOS JUNIOR, J. I.; GURJÃO, R. I. L.; ARAÚJO NETO, C. L. (Orgs.). **Resíduos Sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE E GAMPE/ UFRPE, 2020.p. 470-479.

SOUZA, V.A. (Orgs.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novastecnologias**. 2ª ed. Recife: UFRPE, 2017. p. 384-392

STALTER, C. F.; MORAES, C. A. M.; BREHM, F. A. Revisão das oportunidades do poliuretanorígido. In: **7° fórum internacional de resíduos sólidos.** Porto Alegre, 17 de junho, 2016.

VG RESÍDUOS. **Como a indústria 4.0 pode impactar na gestão de resíduos da sua empresa?** VG Resíduos, Belo Horizonte/MG. Disponível em: <https: www.vgresiduos.com.br/blog/industria-4-0-2018>. Acesso em: 30 mai. 2020.

VG RESÍDUOS. **Conheça algumas tecnologias para tratamento de resíduos sólidos.** VGResíduos, Belo Horizonte/ MG. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.b/blog/conheca-algumas-tecnologias-para-tratamento- de-residuos-solidos-2017> Acesso em: 25 jul. 2020.

CAPÍTULO 09

INFLUÊNCIA DA CAPACITAÇÃO DE MANIPULADORES DE ALIMENTOS NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE PRODUTOS FRACIONADOS EM UM HIPERMERCADO DE RIBEIRÃO PRETO/SP

André Pereira de Souza
Médico Veterinário
Empresa: APS Segurança Alimentar
Endereço: Rua: Francisco Evangelista, 230 - torre 2, ap 34, CEP 14098-040, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
E-mail: andreps9311@gmail.com

Naiá Carla Marchi de Rezende Lago
Doutora em Medicina Veterinária
Endereço: Rua: Ramos de Azevedo, 423, Jardim Paulista, CEP 14090-062, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
E-mail: naiarezendelago@gmail.com

Patrícia Gelli Feres de Marchi
Doutra em Medicina Veterinária
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: BR 364, km 04 Distrito Industrial, CEP 69915-800, Rio Branco/AC, Brasil
E-mail: patriciamarchi.ufac@gmail.com

Danielle Saldanha de Souza Araújo
Mestranda do programa de pós-graduação em Sanidade e Produção Animal Sustentável na Amazônia
Instituição: Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências da Natureza
Endereço: BR 364, km 04 Distrito Industrial, CEP 69915-800, Rio Branco/AC, Brasil
E-mail: dani-saldanha@live.com

Cassio Toledo Messias
Doutor em Medicina Veterinária
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: BR 364, km 04 Distrito Industrial, CEP 69915-800, Rio Branco/AC, Brasil
E-mail: ctoledomessias@gmail.com

Lidianne Assis Silva
Doutora em Agronomia Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: BR 364, km 04 Distrito Industrial, CEP 69915-800, Rio Branco/AC, Brasil
E-mail: lidianne@ufac.br

Luciana dos Santos Medeiros
Doutra em Medicina Veterinária
Instituição: Universidade Federal do Acre
Endereço: BR 364, km 04 Distrito Industrial, CEP 69915-800, Rio Branco/AC, Brasil
E-mail: lusmedeiros@yahoo.com.br

Adriano Melo de Queiroz
Mestre em Ciência Animal
Instituição: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Acre –IFAC
Endereço: Rua Francisca Souza da Silva, nº 318, Getúlio Nunes Sampaio, CEP: 69940-000, Sena Madureira/AC. Brasil.
E-mail: adriano.queiroz39@gmail.com

RESUMO: Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a qualidade microbiológica de amostras de presuntoe muçarela antes e após treinamento de boas práticas para os manipuladores desses alimentos em um hipermercado de Ribeirão Preto/SP. A qualidade microbiológica foi avaliada pela contagem de micro-organismos mesófilos; determinação do Número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes; presença de *Escherichia coli*; presença de *Salmonella*. Detectar entre os manipuladores se algum era portador de *Staphylococcus* e a presença deste micro-organismo no alimento recém-manipulado. A população de micro-organismos mesófilos encontrada nas amostras de presunto e mussarela foram estatisticamente significativa ($p<0,05$), quando comparada à população encontrada após o treinamento de boas práticas ministrado aos manipuladores desses alimentos. A contaminação por coliformes totais não foi significativa em nenhum momento das análises (antes ou após o treinamento). Todas as amostras analisadas foram negativas para a presença de coliformes termotolerantese para bactérias do gênero *Salmonella*. Os manipuladores de presunto e muçarela do hipermercado não eram portadores de *Staphylococcus aureus*. O trabalho evidencia a importância de um treinamento de boas práticas de manipulação de alimentos, o qual garante alimentos com maior vida de prateleira, bem como alimentos seguros à população consumidora.

PALAVRAS-CHAVE: Boas práticas de fabricação, Manipuladores, Mesófilos.

ABSTRACT: The objectives of the present work were to evaluate the microbiological quality of samples of ham and mozzarella before and after training good practices for the handlers of these foods in a hypermarket in Ribeirão Preto/SP. Microbiological quality was assessed by counting mesophilic microorganisms; determination of the most probable number (NMP) of total and thermotolerant coliforms; presence of Escherichia coli; presence of Salmonella. Detect among the handlers if any were carriers of Staphylococcus and the presence of this microorganism in the newly manipulated food. The population of mesophilic microorganisms found in the samples of ham and mozzarella was statistically significant ($p <0.05$), when compared to the population found after training in good practices given to handlers of these foods. Contamination by total coliforms was not significant at any time during the analysis (before or after training). All samples analyzed were negative for the presence of thermotolerant coliforms for bacteria of the genus Salmonella. The hypermarket's ham and mozzarella handlers were not carriers of Staphylococcus aureus. The work highlights the importance of training in good food handling practices, which guarantees food with a longer shelf life, as well as safe food for the consuming population.

KEYWORDS: Good manufacturing practices, Handlers, Mesophiles.

1. INTRODUÇÃO

Os micro-organismos que propiciam a contaminação dos alimentos podem causar seríssimas doenças alimentares, muitas vezes difíceis de serem tratadas, podendo levar ao óbito. Além disso, muitos são importantes deteriorantes, diminuindo o tempo de vida comercial de um alimento. A Organização Mundial da Saúde (OMS) define a doença transmitida por alimento como "uma doença infecciosa ou tóxica causada por, ou através do, consumo de alimento ou água".

Os micro-organismos causadores de doenças aproveitam todas as ocasiões de falhas sanitárias na manipulação de alimentos para se instalarem, provocando assim doença no consumidor. Os manipuladores de alimentos têm importante papel na prevenção das toxinfecções e demais doenças de origem alimentar (HOBBS; ROBERT, 1999).

Dentre os micro-organismos de importância em alimentos, cita-se os grupos de indicadores chamados de mesófilos e de coliformes, e gêneros como *Staphylococcus* sp e *Salmonella* spp*,* que possuem uma importância bastante significativa para a saúde pública por estarem relacionados a inúmeros surtos de toxi-infecções alimentares.

Para a prevenção das infecções causadas por estes micro-organismos, os estabelecimentos de manipulação de alimentos são submetidos a medidas para diminuir as contaminações e melhorara qualidade dos alimentos, diminuindo os riscos à saúde do consumidor. Em alguns supermercados, há treinamento para os funcionários, qualificando-os a aplicar as boas práticas de fabricação, isso é necessário porque os supermercados representam o principal local de comércio de alimentos nas cidades de médio e grande porte (SILVEIRA; LEPSCH, 1997).

Assim, para garantir a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos, são utilizados recursos como aplicação do método de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), elaboração do Manual de Boas Práticas de Manipulação e Processamento, e a realização de programas de educação continuada para manipuladores de alimentos (SILVA, 1999).

Mesmo com toda sua relevância, os dados sobre os supermercados e sua participação na cadeia de transmissão de contaminantes para os alimentos ainda não trazem muitas informações no sentido da qualidade microbiológica de seus alimentos

no Brasil. Em consequência, a carência de dados não permite traçar um perfil da adequação desses estabelecimentos em termos de aspectos sanitários básicos e de cumprimento da legislação vigente (VALENTE; PASSOS, 2004).

Porém, as evidências sugerem que os manipuladores são importantes veiculadores de contaminação de alimentos e também podem ser portadores de micro-organismos patogênicos (GREIG *et al.*, 2007).

Vários são os alimentos considerados “prontos para consumo” e que, portanto, oferecem maior risco de transmissão de contaminantes capazes de causar doenças nos consumidores e/ou deterioração do alimento. No entanto, destaca-se o queijo muçarela e o presunto cozido como alimentos de alto risco microbiológico, já que, muitas vezes, são manipulados muito tempo antes da efetivação da venda e colocados em balcões refrigerados juntamente com alimentos crus, como linguiça, por exemplo.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define-se como queijo o produto obtido da separação parcial do soro do leite, coagulado por ação física, enzimática, bacteriana, ácidos orgânicos isolados ou combinados, todos aptos ao consumo, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes (BRASIL, 1996).

O queijo muçarela é amplamente utilizado na culinária, no preparo de pratos quentes e sanduíches, por conta de suas propriedades de fatiamento e facilidade de derretimento (COELHO *et al.*, 2012). É o tipo de queijo com a maior produção no país (28,4 %), seguido pelo prato (19,9 %) e o requeijão culinário (18,7 %), atingindo cerca de 200.000 toneladas no ano de 2009 (LIMA FILHO; POMBO, 2010).

Presunto cozido é o produto elaborado a partir do pernil de suíno sem osso, sem pele, curado em salmoura e cozido em seu pedaço original a 65-75ºC sendo refrigerado logo após a cocção (BRASIL, 2000).

O presunto deve ser submetido a uma inspeção específica para alimentos industrializados à base de carne, previsto no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Todos os critérios sanitários e microbiológicos estão previstos na Portaria nº 326 do Ministério da Saúde, que garante a qualidade de consumo e segurança da saúde pública (BRASIL, 1997).

Assim, de acordo com o exposto, a realização do presente trabalho justifica-se pelo fato de trazer ciência do que ocorre em um hipermercado de Ribeirão Preto/SP,

em relação à qualidade depresunto e muçarela já fatiados e prontos para consumo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi dividida em duas etapas, que são separadas pelo treinamento baseado nas boas práticas de fabricação (BPF) que segue a legislação CVS-5 de 2013 (BRASIL, 2013), oferecidas aos manipuladores de presunto e muçarela de um hipermercado de Ribeirão Preto/SP.

Desta forma, antes do treinamento, foram colhidas oito amostras de presunto e oito de muçarela, já fatiados e expostos à venda nos balcões refrigerados do hipermercado, estes alimentos estavam em bandejas isotérmicas revestidas com filme plástico de PVC (policloreto de vinila).

Simultaneamente, foram feitos suabes da superfície das mãos dos manipuladores, antes de se iniciar o processo de fracionamento dos frios, e após o final do fracionamento. Os suabes foram passados, a seco, em toda a superfície da palma da mão direita do funcionário. Salienta-se que não houve interferência no trabalho do manipulador. Normalmente, todos eles fazem a higiene das mãos no início do trabalho. Eventualmente, pode ser que eles também façam essa higienização durante o trabalho de fracionamento, principalmente se eles precisarem atender algum consumidor no balcão.O fracionamento é realizado no próprio local de atendimento aos consumidores.

Quanto aos suabes de mão, foram 32 amostras colhidas antes do treinamento (quatro amostras por semana, num total de oito semanas), divididas da seguinte maneira:

- Mão do manipulador do presunto no início do fracionamento e no final do fracionamento (ou seja, duas amostras);
- Mão do manipulador da muçarela no início do fracionamento e no final do fracionamento (mais duas amostras).

Após a colheita das amostras iniciais, foi realizado o treinamento destes manipuladores, num total de três funcionários. Então, uma nova etapa foi iniciada, colhendo-se o mesmo número de amostras que se colheu antes do treinamento.

Todas as amostras colhidas (suabes e alimentos) foram transportadas em caixas isotérmicas com gelo para o laboratório de microbiologia de alimentos do Centro

Universitário Barão de Mauá, onde foram imediatamente analisadas de acordo com a metodologia descrita a seguir.

2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS DE PRESUNTO E MUÇARELA (BRASIL, 2003)

As técnicas utilizadas para as análises desses alimentos seguiram a instrução normativa nº63 de 2003. Antes da abertura, as embalagens foram submetidas à assepsia usando algodão embebido em etanol a 70 %. Com auxílio de pinças e bisturis previamente esterilizados, foram retirados 25g de cada amostra, colhidos de vários pontos (superfície e profundidade) e em seguida transferidos para Erlenmeyers contendo 225mL de solução salina peptonada a 0,1 %, correspondendo a diluição 10^{-1}. A diluição 10^{-2} foi conseguida pela transferência de 1mL da diluição 10^{-1} para tubo de ensaio contendo 9mL do diluente. As diluições subsequentes foram obtidas da mesma forma, até se chegarà diluição 10^{-3}.

2.2 CONTAGEM DE MICRO-ORGANISMOS MESÓFILOS

Para esta determinação, 1mL de cada diluição (10^{-1} a 10^{-3}) foi depositado no fundo de Placasde Petri esterilizadas, em duplicata. Em seguida, foram adicionados de 15 a 17mL de ágar padrão para contagem (PCA) fundido e resfriado a temperatura em torno de 45°C. Após a homogeneizaçãoe solidificação do ágar em temperatura ambiente, as placas foram incubadas invertidas a 35°C por 48h para a contagem das colônias. As contagens foram realizadas em contador de colônia, segundoa técnica padrão, em placas com 25 a 250 colônias.

Determinação do NMP de coliformes totais e termotolerantes: testes presuntivo econfirmativo

- Teste presuntivo: para tal, três tubos de ensaio contendo caldo lauril sulfato triptose com tubo de Durham invertido receberam, cada um, 1mL de cada diluição (10^{-1} a 10^{-3}). Após a inoculação, os tubos foram incubados a 35°C por 24 à 48h. Após o período, foram considerados positivos aquelesque se revelaram com a presença de multiplicação bacteriana (caracterizada por turvação do meio)e produção

de gás.

- Teste confirmativo: de cada tubo positivo, no teste presuntivo, foi transferida, com alça de níquel-cromo de 3 mm de diâmetro, uma alçada da cultura para tubos correspondentes, contendo caldo lactosado bile verde brilhante, para pesquisa de coliformes totais e, para tubos correspondentes contendo caldo EC, para pesquisa de coliformes termotolerantes, todos contendo tubos de Durham invertidos. As incubações foram realizadas, respectivamente, a 35°C e a 45,5°C, ambas por 24 a 48h. Considerou-se positivos os tubos que revelaram a presença de multiplicação bacteriana e produção de gás.
- Pesquisa de *Escherichia coli*: as culturas que se apresentas sem positivas para a presença de coliformes termotolerantes seriam repicadas em agar eosina azul de metileno (EMB) para a posteriorconfirmação da espécie, de acordo com a metodologia padrão.

Determinação da presença de *Staphylococcus aureus*

Para a determinação da presença de *Staphylococcus aureus* nas amostras de presunto e muçarela, foi inoculado 1,0mL da diluição 10^{-1} de cada amostra analisada, distribuindo-o em três placas de ágar Baird Parker, sendo que duas delas receberam 0,3mL e uma delas, 0,4mL. As placas foram incubadas a 35ºC por 48h. Após o período, foi verificada a presença de colônias típicas (circulares, pretas, de no máximo 1,5mm de diâmetro, lisas, convexas, com bordas perfeitas, rodeadas por uma zona opaca e/ou halo transparente).

Para a confirmação das colônias típicas como pertencentes a espécies *Staphylococcus aureus*, foram selecionadas de 3 a 5 colônias de cada placa com crescimento típico. Cada colônia selecionada foi submetida a provas confirmativas: coloração de Gram, catalase, coagulase, e DNAse. Cocos Gram-positivos que apresentaram positividade em todas as provas mencionadas foram considerados *Staphylococcus aureus*.

Determinação da presença de *Salmonella*

Iniciou-se com o pré-enriquecimento, incubando-se 25g de cada amostra em

Erlenmeyer contendo 225mL de solução salina peptonada a 0,1 % a 36 ± 1ºC por, no mínimo, 16 horas e não mais que 20 horas.

Após o período, foi retirado 1mL deste material, que foi transferido para caldo selenito cistina, e mais 1mL que foi transferido para caldo tetrationato. Ambos ficaram incubados a 41 ± 0,5ºC em banho-maria, por 24 a 30 horas. Esta etapa é chamada de enriquecimento seletivo.

A partir dos caldos seletivos de enriquecimento, foram realizadas as repicagens sobre as superfícies previamente secas de placas com meio sólido seletivo (agar bismuto sulfito – BS; agar entérico de Hectoen – HE; agar xilose-lisina-desoxicolato – XLD), estriando de forma a se obter colônias isoladas. Dessa forma foram obtidas 2 placas de cada meio de enriquecimento seletivo. Todas as placas foram incubadas invertidas, a 36 ± 1ºC por 18 a 24 horas. Com a formação de colônias típicas, foram realizadas as análises para a confirmação do gênero (coloração de Gram, produção de urease, fermentação de glicose, lactose e sacarose, produção de H_2S, descarboxilação da lisina, oxidase). Todas aquelas colônias que se confirmaram como sugestivas de *Salmonella* ainda foram testadas por reação sorológica frente ao anti-soro polivalente “O”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados nas análises microbiológicas estão demonstrados nas Tabelas 1 a 4.

Micro-organismos heterotróficos aeróbios ou facultativos mesófilos viáveis presentes são indicadores da qualidade higiênica de produção de um alimento, sendo que sua determinação indica a qualidade com que o alimento foi manipulado em todas as suas etapas de fabricação e dá uma ideia da população bacteriana total presente no alimento. Embora a legislação brasileira não determine um limite máximo desse micro-organismo em presunto e muçarela, sabe-se que contaminações a partir de 10^4 UFC/g podem proporcionar uma diminuição da vida útil do alimento (SILVA *et al.*, 2001).

Contagens elevada de bactérias aeróbias mesófilas em alimentos perecíveis pode indicar que houve condições inadequadas de temperatura durante o tempo de armazenamento, possibilitando a multiplicação de bactérias patogênicas ou

deteriorantes (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Tabela 1. População de micro-organismos heterotróficos aeróbios ou facultativos mesófilos viáveis presentes em amostras de presunto cozido adquiridas em um hipermercado da cidade de Ribeirão Preto/SP, antes e após o treinamentode boas práticas de fabricação oferecido aos manipuladores desse alimento.

AMOSTRAS	PRESUNTO (UFC/g)	
	Antes do treinamento	Após o treinamento
1	$1,8 \times 10^6$	$2,8 \times 10^3$
2	$3,1 \times 10^3$	$8,0 \times 10^4$
3	$2,9 \times 10^3$	$1,4 \times 10^3$
4	$3,4 \times 10^3$	$2,8 \times 10^3$
5	$3,4 \times 10^3$	$6,7 \times 10^2$
6	$2,9 \times 10^4$	$2,7 \times 10^2$
7	$3,7 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$
8	$6,1 \times 10^3$	$2,8 \times 10^3$

Fonte: Os Autores.

Tabela 2. População de micro-organismos heterotróficos aeróbios ou facultativos mesófilos viáveis presentes em amostras de muçarela adquiridas em um hipermercado da cidade de Ribeirão Preto/SP, antes e após o treinamento de boas práticas de fabricação oferecido aos manipuladores desse alimento.

AMOSTRAS	MUÇARELA (UFC/g)	
	Antes do treinamento	Após o treinamento
1	$2,8 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$
2	$3,5 \times 10^4$	$2,5 \times 10^3$
3	$3,0 \times 10^3$	$2,2 \times 10^3$
4	$1,3 \times 10^6$	$1,5 \times 10^3$
5	$3,0 \times 10^3$	$9,4 \times 10^2$
6	$2,1 \times 10^4$	$4,4 \times 10^2$
7	$2,7 \times 10^3$	$7,9 \times 10^2$
8	$4,9 \times 10^4$	$4,1 \times 10^2$

Fonte: Os Autores.

Observa-se nas Tabelas 1 e 2 que houve uma diminuição da população de mesófilos presentes em ambos os alimentos após a realização do treinamento de boas práticas. Esse resultadosugere que o treinamento se torna muito eficiente quando, além de bem ministrado, é aplicado pelos manipuladores envolvidos. A análise estatística realizada pelo Teste de Mann-Whitney, houve diferença significativa ($p<0,05$) entre as populações encontradas antes e após o treinamento, indicando a eficiência do mesmo.

Existem diversos fatores que influenciam a população de micro-organismos em alimentos, dentre elas a falta de controle higiênico durante o abate do animal, o tempo e a temperatura de estocagem no comércio e o excesso de manipulação deste alimento (RITTER *et al.*, 2001)

A contaminação do alimento proveniente da manipulação industrial não é

influenciada pelo treinamento realizado pelos manipuladores do supermercado, mas as populações de mesófilos encontradas antes e após a o treinamento pelos manipuladores demonstram claramente que o eles têm uma participação importante na agregação de contaminantes durante o processo de manipulação comercial dos alimentos.

É importante que os responsáveis pelo supermercado monitorem o trabalho dos manipuladores constantemente, pois é comum, depois de passado um período de tempo, que os manipuladores voltem a praticar atitudes não adequadas de manipulação, principalmente quando velhos hábitos ressurgem. Há necessidade de programas de treinamento eficazes e contínuos e conscientização sobre a importância dos manipuladores como agentes transmissores de toxinfecções alimentares (MUNHOZ; PINTO; BIONDI, 2008).

Os coliformes são um grupo de micro-organismos indicadores que indicam tanto a qualidade higiênica (coliformes totais) quanto à qualidade sanitária (coliformes termotolerantes) de um alimento. Neste trabalho, foi possível verificar que as amostras de presunto e de muçarela analisadas não apresentaram populações de coliformes significativas, indicando que os manipuladores, mesmo antes do treinamento de boas práticas, já aplicavam algum conhecimento adquirido sobre qualidade de alimentos.

Altas contagens deste grupo de micro-organismo indicam que as condições higiênicas dos manipuladores e as práticas de limpeza e sanitização da área de processamento, estão aquém dos padrões requeridos para o processamento de alimentos (SILVA *et al.,* 1997). Lopez *et al.* (2020) em sua pesquisa com 12 manipuladores de alimentos do Restaurante Universitário (RU) constatou que a periodicidade de treinamentos ajuda a garantir a seguridade e qualidade do alimento, sendo indicado a sua realização em todos os serviços que envolvam manipulação de alimentos.

Tabela 3. Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes em amostras de presunto cozido adquiridas em um hipermercado da cidade de Ribeirão Preto/SP, antes e após o treinamento de boas práticas de fabricação oferecido aos manipuladores desse alimento.

AMOSTRA	Coliformes		Coliformes termotolerantes	
	ANTES	APÓS	ANTES	APÓS
1	3,6	< 3,0	< 3,0	< 3,0
2	< 3,0	3,6	< 3,0	< 3,0
3	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
4	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
5	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

6	< 3,0	9,2	< 3,0	< 3,0
7	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
8	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

Fonte: Os Autores.

Tabela 4. Determinação do número mais provável (NMP) de coliformes totais e termotolerantes em amostras de muçarela adquiridas em um hipermercado da cidade de Ribeirão Preto/SP, antes e após o treinamento de boas práticas de fabricação oferecido aos manipuladores desse alimento.

AMOSTRA	Coliformes		Coliformes termotolerantes	
	ANTES	APÓS	ANTES	APÓS
1	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
2	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
3	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
4	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
5	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
6	3,6	7,4	< 3,0	< 3,0
7	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
8	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

Fonte: Os Autores.

A presença de *E. coli* não foi verificada nas amostras de muçarela e presunto cozido fatiados avaliadas. Desta forma, pode-se afirmar que as áreas utilizadas para o fracionamento e embalagemdo presunto não estão contaminadas com matéria de origem fecal. Bem como, as condições higiênicas dos manipuladores são adequadas. Além de ser um indicador de contaminação fecal, *E. coli* em alimentos indica risco a saúde do consumidor, pois algumas variantes são comprovadamente patogênicas (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

A muçarela é um produto feito a partir da massa filada do queijo, ou seja, sofre tratamento térmico durante o seu processo de fabricação. Além disso, o leite utilizado como matéria-prima deve ser pasteurizado. O presunto aqui analisado, por sua vez, é um produto cozido. O tratamento térmico é capaz de eliminar os coliformes de um alimento. Assim, todas as vezes que coliformes são encontrados em alimentos, indicam contaminação pós-processamento térmico.

Nenhuma amostra foi positiva para a determinação de *Staphylococcus aureus*, seja das mãos dos manipuladores ou do alimento manipulado. Este micro-organismo está relacionado com o controle de qualidade higiênico-sanitário dos processos de produção de alimentos, pode causar intoxicação alimentar, pois quando se multiplica nos alimentos produz toxinas. Pelos resultados obtidos neste estudo, em relação a este grupo de micro-organismos, as amostras atendem os padrões legais vigentes (BRASIL, 2001). Bactérias do gênero *Salmonella* também não foram isoladas no presente estudo.

A contaminação microbiológica de presunto e muçarela podem ser originárias de manipuladores, devido a hábitos higiênicos inadequados, por contaminação cruzada através de outros alimentos fatiados, por utensílios como recipientes, bandejas, facas, tábuas, por ar e poeira, como também por embalagens que não são apropriadas para este tipo de produto, ou previamente contaminadas (ARAÚJO *et al.,* 2007).

A higienização inadequada de ambientes de manipulação e estocagem aumenta a probabilidade de contaminação, que leva a uma redução na vida de prateleira e aumenta a possibilidade da presença de micro-organismos patogênicos. Para muitos alimentos especialmente aqueles prontos para o consumo, como é o caso do presunto e muçarela, a higiene do ambiente de manipulação e estocagem é um fator crítico na segurança alimentar e, portanto, é necessária a utilização de métodos simples para avaliar a eficácia dos procedimentos de higienização (ARAÚJO *et al*., 2007).

O embasamento teórico e legal suficiente para a afirmação que a capacitação de manipuladores e implantação das BPF é indispensável para a produção de alimentos seguros. Não há outro caminho. O que falta é a valorização real do assunto por proprietários e gerentes das unidades e maior rigidez dos órgãos de fiscalização sanitária na exigência do cumprimento da lei (NASCIMENTO; BARBOSA, 2007).

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados pode-se concluir que a população de micro- organismos mesófilos encontrada nas amostras de presunto e mussarela eram estatisticamente maiores, quando comparadas à população encontrada após o treinamento de boas práticas ministrado aos manipuladores desses alimentos. A contaminação por coliformes totais não foi significativa em nenhum momento das análises (antes ou após o treinamento). Todas as amostras analisadas foram negativas para a presença de coliformes termotolerantes, para *Escherichia coli* e *Salmonella* evidenciando que a indústria, através do tratamento térmico dos alimentos, conseguiu eliminar essa contaminação e que não houve contaminação pós-processamento por parte dos manipuladores. Os manipuladores de presunto e muçarela do hipermercado onde o trabalho foi realizado não eram portadores de

Staphylococcus aureus. Um treinamento de boas práticas de manipulação de alimentos, quando bem ministrados para colaboradores conscientes, garante que os alimentos manipulados tenham menor contaminação e, portanto, uma maior vida de prateleira, bem como uma menor chance de veicularem patógenos causadores de doenças alimentares.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E.A.; PIRES, A.C.S.; CAMILLOTO, G.P.; RIBEIRO, M.C.T.; SOARES, N.F.F.; ANDRADE, N.J. Condições Higiênicas de fatiadores de frios avaliadas por ATP - bioluminescênciae contagem microbiana. Higiene Alimentar, v.21, n.150, p. 114-115, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Instrução Normativa nº 62, De 26 de Agosto de 2003. Diário Oficial da União, 18 set. 2003. Seção 1, p. 14.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Estabelecimentos Comerciais de Alimentos e para Serviços de Alimentação, e o Roteiro de Inspeção Instrução Normativa CVS-5 de 09 de Abril de 2013. Diário Oficial da União, 19 abr. 2013, Seção 1, p. 32-35.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Almôndega, de Apresuntado, de Fiambre, de Hamburguer, de Kibe, de Presunto Cozido e de Presunto. Instrução Normativa nº 20, de 31 de julhode 2000. Diário Oficial da União, 03 ago. 2000. Seção 1, p. 7.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamentos técnicos de Identidade e Qualidade dos produtos lácteos. Portaria nº 146 de 07 de março de 1996. Diário Oficialda União, 11 mar. 1996. Seção 1, p. 39-77.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. RegulamentoTécnico sobre as condições Higiênico Sanitárias e de Boas Práticas de Fabricação para estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Portaria SVS/MS nº 326, de 30 de julho de 1997. Diário Oficial da União, ago. 1997, Seção 1, p. 1.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Regulamentotécnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Resolução nº 12 de 2 de janeiro de 2001. Diário Oficial da União, 10 jan. 2001, Seção 1, p. 2.

COELHO, K. O.; MESQUITA, A. J.; MACHADO, P. F.; OLIVEIRA, A. N.; SOUZA, C. M.; MEYER, P. M. Níveis de células somáticas sobre a proteólise do queijo Muçarela. Revista Brasileirade Saúde e Produção Animal, v.13, n.3, p.682-693, 2012.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Editora Atheneu,2005.

GREIG, J. D., TODD, E. C., BARTLESON, C. A., & MICHAELS, B. S. Outbreaks where food workers have been implicated in spread of foodborne disease, part 1. Description of the problem,methods, and agents involved. Journal of Food Protection, v.70, n. 7, p. 1752-1761, 2007.

HOBBS,B.C.; ROBERTS,D. Toxinfecções e controle higiênico-sanitário de alimentos. Varela,1999. 376p.

LIMA FILHO, R. R.; POMBO, G. Aumenta o consumo de queijo no Brasil. Carta Leite, 2010. 105p.

LOPES, L. C. et al. Boas práticas de fabricação: treinamento aplicado aos manipuladores de alimentos de restaurante universitário. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 49282-49289,2020.

MUNHOZ, P.M.; PINTO, J.P.A.N.; BIONDI, G.F. Conhecimento sobre boas práticas por parte dosmanipuladores de alimentos na rede municipal de ensino- Botucatu, SP. Higiene Alimentar, v.22, n.166/167, p. 29-31, 2008.

NASCIMENTO, G. A.; BARBOSA, J. S. BPF - Boas Práticas de Fabricação: uma revisão. HigieneAlimentar, v. 21, n. 148, p. 24-29, 2007.

RITTER, R., SANTOS, D., BERGMANN, G.P. Contaminação bacteriana da carne moída bovina comercializada em bancas do mercado público de Porto Alegre, RS. Revista Higiene Alimentar, v.15, n.85, p.50-56, 2001.

SILVA JÚNIOR, E. A. Manual de Controle Higiênico-Sanitário. 3ed. Varela,1999. p.54-57.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, F.A. Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos. Varela Ed., 1997, 295p.

SILVA, N., JUNQUEIRA, V.C.A., SILVEIRA, N.F.A. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. 2ed. Varela; 2001, p.352-359.

SILVEIRA, J.A.G.; LEPSCH, S.L. Alterações recentes na economia do setor supermercadista brasileiro. Revista de Administração, v.32, n.2, p.5-13, 1997.

VALENTE, D.; PASSOS, A. D. C. Avaliação higiênico-sanitária e físico-estrutural dos supermercados de uma cidade do sudeste do Brasil. Revista Brasileira de Epidemiologia, v.7, n.1, p.80-87, 2004.

CAPÍTULO 10

USABILIDADE DA INTERFACE DE SMARTPHONES PARA USUÁRIO IDOSO HEURÍSTICA/DIRETRIZ PARA AVALIAÇÃO DE INTERFACE: REVISÃO DA LITERATURA

Francisco Eduardo Pires de Morais
Mestre em Engenharia de Software (Cesar School)
Endereço da Cesar School: Avenida, Cais do Apolo, 77, Recife - PE, 50030-220
Professor efetivo do IFPI de FLORIANO
Endereço do IFPI: Rua. Francisco Urquiza Machado, 462 - Meladão, Floriano/PI, 64800-000
E-mail: eduardopiresmorais@gmail.com

Melissa Barbosa Pontes
Doutoranda em Engenharia de Software (Cesar School)Mestre em Engenharia de Software (Cesar School) Professora da Cesar School
Endereço da Cesar School: Avenida, Cais do Apolo, 77, Recife/PE, 50030-220
E-mail: mbp@cesar.org.br

Virgínia Carvalho Chalegre
Doutoranda em Informação e comunicação em plataformas digitais. Universidade de Aveiro/Universidade do Porto
Mestre em Ciências da Computação – UFPE (CIN-UFPE)professora da Cesar School
Endereço da Cesar School: Avenida, Cais do Apolo, 77, Recife/PE, 50030-220
E-mail: vivichalegre@gmail.com

Marttem Costa de Santana
Doutorando em Tecnologia e Sociedafe (UTFPR) Mestre em Educação (UFPI)
Professor efetivo EBTT do Colégio Técnico de Floriano - CTF/UFPI
Endereço do CTF/UFPI: Rodovia BR 343, Km 3,5, s/n - Meladão, Floriano/PI, 64808-605
E-mail: marttemsantana@ufpi.edu.br

Wilamis Kleiton Nunes da Silva
Mestre em Ciências da Computação (UFERSA/UERN) Professor efetivo EBTT do Colégio Técnico de Floriano - CTF/UFPI
Endereço do CTF/UFPI: Rodovia BR 343, Km 3,5, s/n - Meladão, Floriano/PI, 64808-605
E-mail: wilamiskleiton@yahoo.com.br

Thassyo Rafhael Fernandes da Silva Freire
Graduando em Analise em Desenvolvimento de Sistemas (IFPI –Floriano)
Endereço: Rua Francisco Urquiza Machado, 462 - Meladão, Floriano/PI, 64800-000
E-mail: thassyofreire @gmail.com

Fernando Júlio Guedes e Silva
Especialista em Urgência e Emergência
Instituicão: Faculdade do Vale do Jaguaribe
Endereço: Rua Sete de Setembro,1439 - São Cristóvão, Floriano-PI, 64800-850

E-mail: fernandojguedes@hotmail.com

RESUMO: Utilizando um Smartphone os idosos podem se conectar com várias pessoas, tendo em vista a grande gama de informações, serviços e recursos disponíveis no mundo digital. Mas, os aplicativos desenvolvidos para esses dispositivos são projetados para o uso dos jovens e não levam em consideração as limitações impostas pelos usuários idosos. Trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura que teve como objetivo principal identificar trabalhos que abordam Usabilidade da Interface de smartphones para usuário idoso e Heurística/Diretriz para a avaliação de Interface. Observa-se que na análise final dos artigos a adoção do método de avaliação heurística para avaliação da usabilidade da interface de smartphone com usuários idosos se apresenta bastante eficaz. Revela-se que as limitações cognitivas e físicas do idosos podem desfavorecer o processo deusabilidade de smartphone por não usarem diariamente o smartphone. Sugere-se que a avaliação dausabilidade fornece informações para melhorar o desenvolvimento da interface de smartphone parausuários idosos ao simular uma dada realidade para um grupo de usuários idosos usando as interfaces.

PALAVRAS-CHAVES: Usabilidade, Smartphone, Idoso, Interface, Heurísticas, Diretrizes.

ABSTRACT: Using a Smartphone, senior citizens can connect with multiple people in view of the wide range ofinformation, services and resources available in the digital world. But applications designed for these devices are designed for young people and do not take into account the limitations imposed by older users. The paper explains a Systematic Literature Review that had as its main objective theidentification of works that address Smartphone Interface Usability for elderly users and Heuristics / Guidelines for Interface evaluation. It is observed that in the final analysis of the articles the adoption of the heuristic evaluation method to evaluate the usability of the smartphone interface with elderly users is very effective. Most of the authors analyzed in the articles explain that the cognitive and physical issues of the elderly can impair the smartphone usability process and that many elderly have difficulty in usability by not using the smartphone daily. The analyzed articles also present usability suggestions that can serve as documents to improve smartphone interface development for older users and describe that most usability assessments are done by a usability expert, simulating a reality of older users using the interfaces.

KEYWORDS: Usability, Smartphone, Aged, Interface, Heuristics, Guidelines.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia móvel como computador de bolso, do tipo *smartphones*, mudou a forma como as pessoas interagem e se comunicam, criando cenário virtual no acesso à dados, informações e conhecimentos. A mobilidade dos dispositivos de comunicação se apresentam como uma das grandes inovações históricas da revolução tecnológica e a partir de um equipamento de mão, comoum dispositivo *Smartphone*, é possível se conectar com pessoas por meio de um mundo digital, tendo em vista a infinita gama de informações, serviços e recursos disponíveis no mundo eletrônico e virtual.

O antigo celular se transformou em um computador de bolso, deixou de ser apenas um aparelho telefônico para se tornar um dispositivo agregador de diversos recursos, tais como: despertador/alarme, relógio, calculadora, cronometro, armazenador de dados, processador de texto de diversos aplicativos de acordo com o sistema operacional que utiliza. A lei n.º 10.741 de 1º de outubro de 2003 no Art. 1º, é considerado idoso, no Brasil, a pessoa com idade igual ou maior há 60 anos. Estima-se que 53,6 % da população brasileira utiliza um smartphone para se conectar à internet (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015). Mesmo com a necessidade de *smartphones* serem projetados para melhor atender as necessidades de usuários idosos, as interfaces disponíveis para usuário de smartphone não parecem ser otimizado para idosos,em vez disso, eles abordam jovens e conhecedores de tecnologia, cujos requisitos e atributos variamde usuários idosos (SALMAN; AHMAD; SULAIMAN, 2018).

Anjos (2012) define o uso de *smartphones* na sociedade entre aqueles que sabem manuseare os que não têm familiaridade com esses aparelhos, alerta ainda que esse fato pode ameaçar a terceira idade de convívios sociais e demais processos inerentes à tecnologia excluindo o idoso do convívio social por não saber fazer bom uso da ferramentas. Não projetar interfaces "amigáveis parapessoas idosas" pode levar à relutância, destes usuários, em utilizar smartphones o que pode dificultar a usabilidade.

Nesse contexto, surgiu a motivação de realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RLS), sendo o principal objetivo da pesquisa identificar trabalhos de usabilidade da interface de *smartphones* para usuário idoso e heurística/diretriz para avaliação de *interface* e assim, essa revisão busca apresentar as principais pesquisas,

tanto nacionais quanto internacionais.

O artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 explana sobre a Fundamentação Teórica, a Seção 3 apresenta a metodologia de pesquisa, a Seção 4 descreve a condução da Revisão Sistemática Literatura, a Seção 5 apresenta os resultados da pesquisa e por fim, a Seção 6 apresenta a conclusãodo trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 USABILIDADE

Nielsen e Loranger (2006) definem a usabilidade como um atributo qualitativo relacionadoa quão fácil de usar algum objeto, mais especificamente, usabilidade se refere a quão rápido uma pessoa pode aprender a utilizar um objeto ou sistema, se há eficiência ao utilizá-lo, se é fácil de o sistema ser memorizado pelo usuário, se o sistema está propenso a erros e o quanto os usuários gostam de utilizá-lo.

Segundo Nielsen (1994), a usabilidade está relacionada ao grau de capacidade de um usuárioa realizar uma tarefa, esta análise visa verificar: funcionalidade correta, eficiência de uso, facilidadede aprendizagem, facilidade de relembrar, tolerância ao erro do usuário e satisfação subjetiva.

A norma NBR/ISO 94241-11 (2002) define usabilidade como a “medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiênciae satisfação em um contexto específico de uso”. Ou seja, o usuário deve aprender facilmente para executar o bom uso do aplicativo de comunicação e interação social.

2.1 AVALIAÇÃO DE USABILIDADE DE *SMARTPHONES* PARA IDOSOS

“No processo de envelhecimento surgem alterações morfofuncionais que incidem diretamente na qualidade de vida da pessoa idosa e, muitas vezes, incapacita-o de realizar determinadas atividades” (SOUSA, 2020, p. 74716). As limitações cognitivas e físicas podem dificultar a usabilidade dos aplicativos para smartphones.

Devido às alterações decorrentes da idade avançada, algumas atividades desempenhadas pelos idosos podem ser prejudicadas, entre elas, a interação com

smartphones. Salman, Ahmad e Sulaiman (2018) explicam que a avaliação da usabilidade contribui para a compreensão dos problemas que impedem os usuários idosos de usar *smartphones* e fornece feedback valioso para os projetistas de tecnologia de *smartphone* em relação a melhorias na interface do usuário para melhor atender as pessoas idosas. Segundo Petrovcic *et al.* (2017), avaliações de usabilidade geralmente é feito com relação a várias tarefas que podem ser concluídas com o software.

Hu e Fang (2017) asseveram que o estudo das estratégias de designs centrados nas características fisiológicas e psicológicas dos usuários idosos, ajudará os designers a projetar sistemas de interface amigável com alta tolerância a falhas e diversidade de formas interativas comuma boa usabilidade.

3. METODOLOGIA

O planejamento da RSL foi realizada seguindo o modelo de protocolo proposto por Biolchini *et al.* (2007), conforme apresentado nas subseções a seguir. Para alcançar os objetivos do trabalho foram seguidas as etapas: definição dos objetivos e das questões de pesquisa; definição da estratégiade busca e seleção dos estudos primários; definição dos critérios de inclusão e exclusão; definição de critérios e procedimentos para seleção de estudos; definição do processo de seleção preliminar; definição do processo de seleção final; definição do formulário de extração dos resultados; construção das *strings* de busca; aplicação das *strings* de busca e obtenção dos trabalhos; seleção preliminar dos trabalhos; seleção final dos trabalhos; extração dos resultados e análise dos dados. Sendo utilizada a ferramenta[1] *Start* (State of the Art through Systematic Review) para automatizar o processo de planejamento, execução e sumarização da Revisão Sistemática da Literatura.

3.1 OBJETIVOS DE PESQUISA

Os objetivos da RSL foram: 1) Encontrar diretrizes de usabilidade para avaliação de interface de smartphone para usuários idosos; 2) Investigar heurísticas de

[1] Tem como objetivo auxiliar o pesquisador, dando suporte à aplicação das técnicas de RSL. Link: http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

usabilidade para interface de smartphone; 3) Identificar se as características físicas e cognitivas do envelhecimento tem relação na avaliação da usabilidade/design de interface de smartphones; 4) Identificar características que devem ser consideradas para a elaboração de um protótipo de usabilidade de interface para smartphone de usuários idosos.

3.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Considerando os objetivos de pesquisa apresentados na subseção 2.1, foi definida uma questão principal de pesquisa, assim como três questões secundárias. As questões de pesquisa definidas para a RSL são:
1) Questão primária (QP): Quais heurísticas/diretrizes de usabilidade para avaliação da interface de smartphone para usuários idosos? 2) Questão Secundária 1 (QS1): Quais características físicas e cognitivas do envelhecimento tem relação na avaliação da usabilidade/design de interface de smartphones? 3) Questão Secundária 2 (QS2): Quais melhorias na usabilidade/designs da interface de smartphone para usuários idosos? 4) Questão Secundária 3 (QS3): Quais características devem ser consideradas para a elaboração de um protótipo de usabilidade de interface para smartphone de usuários idosos?

3.3 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Optou-se pela busca em quatro fontes digitais (*Google* Acadêmico, *IEEE Xplore Digital Library, Scopus e ACM Digital Library*), os trabalhos foram publicados entre os anos de 2013 e 2019, nos idiomas Inglês e Português. A utilizou-se a *string* de busca *(("usability" AND "seniors*") *OR* ("usabilidade" *AND* "idosos")) *AND* (("*smartphone" OR* "*Heuristics*" *OR* "guideline") *OR* ("celular" *OR* "heurística" *OR* "diretriz")).

3.4 CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA SELEÇÃO DE ESTUDOS

Nesta subseção são apresentados os seguintes critérios de inclusão definidos neste estudo:

1) Critério de inclusão 1 (CI1): Estudos da área de informática/computação que trate

de heurística/diretrizes para avaliação da usabilidade de interface de smartphone para usuários idosos;

2) Critério de inclusão 2 (CI2): Estudos que tratem de protótipo de usabilidade de interface de smartphone para usuários idosos; 3) Critério de inclusão 3 (CI3): Estudos que discorrem sobre características físicas e cognitivas do envelhecimento tem relação na avaliação da usabilidade/design de interface de smartphones; 4) Critério de inclusão 4 (CI4): Estudos que apresentam recomendações para melhorias na usabilidade/designs da interface de smartphone para usuários idosos.

3.5 PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

O processo de seleção dos estudos foi realizado por meio da busca manual dos trabalhos nas fontes de busca e as *strings* de busca foram construídas obedecendo as regras de base de dados, pormeio da combinação da palavra-chave, seus sinônimos e pela utilização do campo de busca avançada.

Os trabalhos retornados pela busca foram, inicialmente, armazenados na ferramenta *Start*. Em seguida, foram excluídos os repetidos, depois os títulos e resumos dos trabalhos restantes foramlidos. Caso existisse alguma dúvida em relação ao trabalho, a introdução e a conclusão deveriam serlidas. Constatando-se a relevância dos trabalhos selecionados, o mesmo foi lido na íntegra. Em seguida, os trabalhos foram selecionados com base nos critérios de inclusão.

O processo de seleção final consistiu na leitura completa dos trabalhos selecionados na etapa de seleção preliminar. Sua aceitação para extração dos resultados foi definida com base nos critériosde inclusão e exclusão.

4. CONDUÇÃO DA REVISÃO

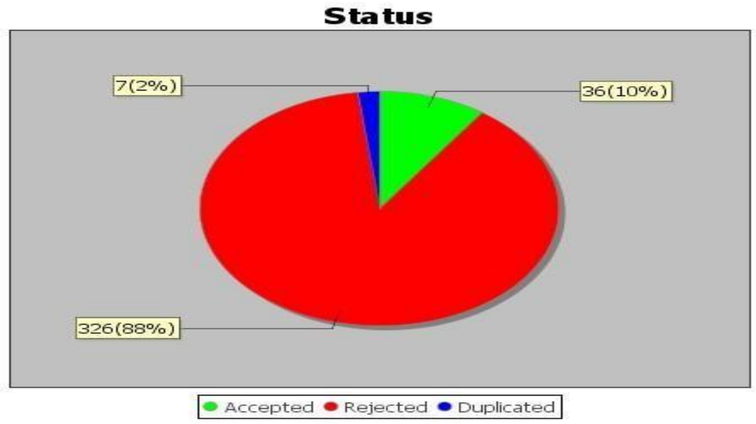
Nesta seção, apresenta-se a condução da RSL.

4.1 NÚMEROS OBTIDOS NA BUSCA

Os resultados das pesquisas realizadas por meio dos mecanismos de busca avançada de cada fonte de pesquisa, obteve-se um total de 369 artigos.

Como resultado desta seleção foram obtidos: 07 trabalhos duplicados, 326 trabalhos excluídos, rejeitados e 37 trabalhos incluídos para leitura na íntegra. Dos 37 trabalhos lidos na integra 18 foram utilizados para a extração dos dados e analise. O Gráfico 1 apresenta o percentualde trabalhos duplicados (2 %), excluídos (88 %) e incluídos (10 %) na fase de pré-seleção de acordo com os critérios definidos subseção 3.1, 3.2 e 3.4, em relação ao total de estudos encontrados.

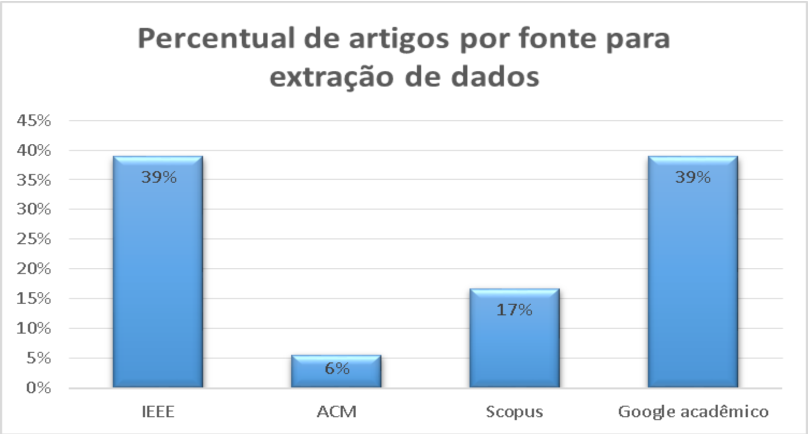
Gráfico 1 - Resultado da seleção preliminar.



Fonte. Elaborada pelos pesquisadores, 2019.

O Gráfico 2 apresenta o percentual de artigos por fonte de dados que tiveram os dados dos artigos extraídos e colocados em um formulário padrão de extração de dados.

Gráfico 2 - Percentual de artigos por fonte para extração de dados.



Fonte. Elaborada pelos pesquisadores, 2019.

No Gráfico 2 observa-se que nas fontes de dados IEE e *Google* acadêmico cada uma obteve 39 % do total de artigos selecionados para a extração de dados. A fonte ACM obteve 6 % e a fonte *Scopus* obteve 17 %.

5. RESULTADOS

Após a análise final dos artigos oriundos das fontes pesquisadas, foi evidenciando que: 1) 07 artigos tratam das heurístico/Diretrizes de usabilidade para avaliação da *interface* de smartphone para usuários idosos; 2) 04 artigos discorrem sobre protótipo de usabilidade de *interface* de smartphone para usuários idosos; 3) 04 explicam as características físicas e cognitivas do envelhecimento tem relação na avaliação da usabilidade/design de *interface* de smartphones; 4) 04 apresentam recomendações para melhorias na usabilidade/designs da *interface* de *smartphone* parausuários idosos. Alguns artigos contemplaram mais de um critério de inclusão. O Quadro 1 apresentam os artigos por fonte de dados que foram utilizados para extração e análise dos dados finais.

Quadro 1. Artigos usados na extração de dados finais.

Título do Artigo	Autor (es)/Ano	Fontes
Usability and Design Issues of Smartphone User Interface and Mobile Apps for Older Adults	Wong *et al*. (2018)	Google Acadêmico
Investigando a usabilidade de um aplicativo internet banking com a participação de usuários da terceira idade	Furtado, Almeida e Marques (2018)	
Testes de Usabilidade entre os Sistemas Android IOS para identificar o melhor sistema para os idosos	Nocera e Do Espírito Santo (2017)	
Uso de jogos casuais em celulares por idosos: um estudo de Usabilidade	De Oliveira Santos, Ishitani e Nobre (2014)	
Melhor idade conectada: um panorama da interação entre idosos e tecnologias móveis	Giorgia *et al.* (2018)	
Usabilidade e Acessibilidade em Smartphones: identificação de características do envelhecimento e suas implicações para o design de interface de smartphones	Rocha e Padovani(2016)	
Heurísticas para avaliação de Gameplay direcionadas a idosos aceito	Machado e Ishitani (2014)	
PS redesign for Smartphone-using older adults	Kulkarni, Padmanabham e Nadaf (2016)	IEEE
Designing mobile phone interface for active seniors: User studyin Czech Republic	Slavicek, Balata e Mikovec (2014)	
Converging Natural User Interfaces guidelines and the design of applications for older adults	Kawamoto, Martinse Da Silva (2014)	
Investigating activity zones on smartphones: An empirical study with older adults	Silva, Leihio e Kerwin (2017)	
Alive Inside: Developing mobile apps for the cognitively impaired	Nezerwa *et al.* (2014)	

Usability Evaluation of the Smartphone User Interface in Supporting Elderly Users from Experts' Perspective	Salman, Ahmad e Sulaiman (2018)	
Research on the Design Strategy of Smartphone Shopping App for the Older Adults	Hu e Fang (2017)	
User experience of older adults with a self-monitoring app	Steinert *et al.* (2015)	Scopus
Design and evaluation of a mobile user interface for older adults: navigation, interaction and visual design recommendations	De Barros, Leitão e Ribeiro (2013)	
Design of Mobile Phones for Older Adults: An Empirical Analysis of Design Guidelines and Checklists for Feature Phones and Smartphones	Petrovcic *et al.* (2017)	
Towards a List of Heuristics to Evaluate Smartphone Apps Targeted at Older Adults: A Study with Apps that Aim at Promoting Health and Well-Being	Silva, Holden e Jordan (2015)	ACM

Fonte: Elaborada pelos pesquisadores, 2019.

Apesar de um grande número de artigos selecionados nos estudos primários somente os 18 artigos apresentados no Quadro 1, atenderam aos objetivos e critérios de inclusão da pesquisa para os estudos finais.

6. CONCLUSÃO

Observa-se que na análise final dos artigos da Revisão Sistemática da Literatura a adoção do método de avaliação heurística para avaliação da usabilidade da interface de smartphone com usuários idosos se apresenta bastante eficaz. A maiorias dos autores analisados nos artigos, explicam que as questões e limitações cognitivas e físicas do idosos podem prejudicar o processo de usabilidade de smartphone e que muitos idosos apresentam dificuldade na usabilidade por não usar diariamente o smartphone.

Os artigos analisados apresentam também sugestões de usabilidade que podem servir como documentos para melhorar o desenvolvimento de interface de smartphone para usuários idosos e descrevem que a maioria das avaliações de usabilidade são feitas por especialista em usabilidade, simulando uma realidade de usuários idosos usando as interfaces. Ainda existe poucas pesquisas no que diz respeito à aplicação de avaliações de usabilidade com usuários idosos finais. Pesquisas de campo que sejam baseadas em observações de usuário idosos usando as interfaces de smartphone precisam ser realizadas para melhorar a expansão da

área de pesquisa em questão.

Sugere-se que a avaliação da usabilidade fornece informações para melhorar o desenvolvimento da interface de smartphone para usuários idosos ao simular uma dada realidade para um grupo de usuários idosos usando as interfaces.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Thaiana Pereira dos. Descomplicando o uso do telefone celular pelo idoso: desenvolvimento de interface de celular com base nos princípios de usabilidade e acessibilidade.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.Florianópolis, SC, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/1005 96/313427.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 jan. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9241: Norma Técnica. Disponível em: https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=86090. Acesso em: 15 dez.2018.

BIOLCHINI, Jorge Calmon de Almeida et al. Scientific research ontology to support systematicreview in software engineering. Advanced Engineering Informatics, [s.l.], v. 21, n. 2, p.133-151, abr. 2007. Elsevier BV. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2006.11.006. Acesso em: 25 out. 2018.

BRASIL. Presidência da República. Lei n.º 10.741, de 1º de outubro de 2003. Diário Ofcial [da] República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.741.htm. Acesso em: 07 dez. 2018.

HU, Qi; FANG, Xing. Research on the Design Strategy of Smartphone Shopping App for the OlderAdults. 2017. International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration (iciicii), [s.l.], p.346-350, dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostrade Domicílios. PENAD: Acesso à internet e à televisão e posso de telefone móvel celular para uso pessoal. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: http://loja.ibge.gov.br/pesquisa-nacional- poramostra-de-domiciliospnad-2013-acesso-a-internet-e-a-televis-o-e-posse-de.html. Acesso em: 30 out. 2018.

NIELSEN, Jakob; LORANGER, Hoa. Prioritizing Web Usability. California: New Riders, 2006.

NIELSEN, Jakob. Métodos de inspeção de usabilidade. In: Companheiro de conferência sobre fatores humanos em sistemas de computação. ACM, 1994. p. 413414.

PETROVčIč, Andraž *et al*. Design of Mobile Phones for Older Adults: An Empirical Analysis of Design Guidelines and Checklists for Feature Phones and Smartphones. International Journal Of Human–computer Interaction, [s.l.], v. 34, n. 3, p.251-264, 5set. 2018. Informa UK Limited.

PREECE, Jenny; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. Design de Interação: além da interação homem-computador. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.

SALMAN, Hasanin Mohammed; AHMAD, Wan Fatimah Wan; SULAIMAN, Suziah. UsabilityEvaluation of the Smartphone User Interface in Supporting Elderly Users From Experts' Perspective. Ieee Access, [s.l.], v. 6, p.22578-22591, 2018. Institute of Electricaland Electronics Engineers (IEEE). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/access.2018.2827358. >. Acesso em: 11 nov. 2018.

SOUSA, Carmelita Maria Silva *et al*. Qualidade devida dos idosos que participam das atividades realizadas no centro de referência de assistência social (CRAS). Brazilian journal Of Development.Curitiba, v. 6, n. 10, p. 74715-74724, 05 out. 2020. ISSN 2525-8761.

DOI:10.34117/bjdv6n10-047. Disponível em: https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/17721/14360.Acesso em: 09 out. 2020.

CAPÍTULO 11

SÍNTESE DE HIDROXIAPATITA PELO MÉTODO DOS PRECURSORES POLIMÉRICOS

José Rosa de Souza Farias
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI, Brasil
E-mail: josefarias2100@gmail.com

Ketelly Estefane da Silva Alves
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI, Brasil
E-mail: ketelly.estefane@acad.ifma.edu.br

Ycaro Breno Alves de Almeida
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI, Brasil
E-mail: ycarobreno26@gmail.com

Genivaldo Melo da Rocha
Graduando em Engenharia de Materiais
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI, Brasil
E-mail: genivaldo.eng1@ufpi.edu.br

Slanna Larissa Olimpio Costa
Mestrando em Engenharia de Materiais
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Piauí
Endereço: R. Álvaro Mendes, 94 - Centro (Sul), 64000-040, Teresina - PI, Brasil
E-mail: slanna12larissa@gmail.com

Erique Ramille Rodrigues Costa
Graduando em Engenharia Civil
Universidade Maurício de Nassau
Endereço: R. Antônio Carvalho de Souza, Estação Velha, 58.410-030, Campina Grande, PB, Brasil
E-mail: eriquerodcos@gmail.com

Veruska do Nascimento Simões
Mestre
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço: Av. Senador Salgado Filho, s/n, Lagoa Nova, 59077000, Natal, RN, Brasil.
E-mail: veruskasimoes@hotmail.com

Aluska do Nascimento Simões Braga
Doutor
Universidade Federal do Piauí
Endereço: Av. Universitária, s/n, Ininga, 64.049-550, Teresina, PI, Brasil
E-mail: aluskasimoes@hotmail.com

RESUMO: O uso de materiais cerâmicos aplicados como biomateriais (biocerâmicas) têm despertado a atenção dos pesquisadores por conta da biocompatibilidade e alta resistência ao desgaste, possibilitando diversas aplicações. Dentre as cerâmicas, as biocerâmicas de fosfatos de cálcio se destacam nessa área devido à similaridade química e estrutural com a apatita biológica, que está presente em grandes proporções na fase mineral de ossos e dentes, o que possibilita uma excelente osseointegração e osteocondução. Entre os fosfatos de cálcio mais difundidos, a hidroxiapatita (Hap) se destaca entre as demais biocerâmicas uma vez que é o constituinte mineral natural encontrado nos ossos, esmalte e dentina apresentando vantagens quando usada como biomaterial como a rápida adaptação óssea, a não formação de tecido fibroso, e a redução do tempo de cicatrização. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi sintetizar a Hap pelo método dos precursores poliméricos, estudando a relação entre o ácido cítrico e os cátions metálicos. As amostras foram caracterizadas por difração de raios X e análise termogravimétrica. Os resultados mostraram a formação de uma cerâmica bifásica, nanométrica e com alta cristalinidade, para todas as proporções de ácido/cátions.

PALAVRAS-CHAVE: hidroxiapatita; método Pechini; síntese

ABSTRACT: The use of ceramic materials applied as biomaterials (bioceramics) has attracted the attention of researchers due to their biocompatibility and high wear resistance, allowing for several applications. Among ceramics, bioceramics of calcium phosphates stand out in this area due to the chemical and structural similarity with biological apatite, which is present in large proportions in the mineral phase of bones and teeth, which allows for excellent osseointegration and osteoconduction. Among the most widespread calcium phosphates, hydroxyapatite (Hap) stands out among the other bioceramics since it is the natural mineral constituent found in bones, enamel and dentin, presenting advantages when used as biomaterial such as rapid bone adaptation, non-formation of fibrous tissue, and reduced healing time. In this context, the aim of this work was to synthesize Hap by the polymeric precursor method, studying the relationship between citric acid and metallic cations. The samples were characterized by X-ray diffraction and thermogravimetric analysis. The results showed the formation of a biphasic, nanometric and highly crystalline ceramic, for all acid / cation proportions.

KEYWORDS: hydroxyapatite; Pechini method; synthesis

1. INTRODUÇÃO

A busca por materiais e métodos inovadores a fim de restaurar fragmentos do corpo humano, surge como algo inovador para profissionais das áreas da química, biologia, medicina, bioengenharia, engenharia biomédica e engenharia de materiais (TAKASHI *et al.*, 2015).

A engenharia tecidual é um campo interdisciplinar que aplica princípios da engenharia, biologia e ciências clínicas, com intuito de desenvolver substitutos biológicos que possam manter, restaurar, ou melhorar a função de órgãos e tecidos, possibilitando a implantação no paciente sem risco de rejeição pelo organismo. Na síntese de tais substitutos é necessária a utilização de materiais que sejam compatíveis com as funções específicas do corpo humano. Esses materiais podem ser classificados como biomateriais, que são substâncias de origem natural ou sintética, tolerados de forma permanente ou transitória pelos diversos tecidos constituintes do organismo dos seres vivos (OLIVEIRA *et al*., 2010).

Dentre os diversos biomateriais existentes, as cerâmicas de fosfato de cálcio merecem lugar de destaque devido a uma série de características, tais como: ausência de toxidade local, ausência de respostas a corpo estranho ou inflamações e habilidade em se ligar ao tecido hospedeiro (KAWACHI *et al*., 2000). Esses fatores têm como explicação a natureza química destes materiais, isso porque eles são formados basicamente por íons cálcio e fosfato, que participam ativamente do equilíbrio iônico entre o fluido biológico e a cerâmica (JUNFENG e XUN, 2014). A grande aceitação das biocerâmicas à base de sais de fosfato de cálcio deve-se, principalmente, ao seu alto grau de biocompatibilidade, relacionada com a sua similaridade química à dos componentes normalmente encontrados no tecido ósseo (BET *et al.*, 1997; RAMAKRISHNAN *et al*., 2013; ANA *et al*., 2018).

Dentre as cerâmicas de fosfato de cálcio, a hidroxiapatita recebe destaque na área de pesquisa por ser o principal componente na fase mineral dos ossos, com ampla utilização nas áreas médicas e odontológicas (Santos et al., 2005). Seu uso é muito popular como material de revestimento de implantes ortopédicos e dentários (ROBERTSON *et al.*, 2019), transportador de drogas quimioterápicas e antibióticos (BOULER *et al*., 2017), tratamento precoce de lesões de cárie (KANTHARIA *et al.*, 2014), além de outras aplicações como agente descontaminante de águas residuais e solos contaminados e produção de biodiesel (BRAHIM *et al.*, 2020). É o constituinte

mineral natural encontrado no osso e representa de 30 a 70 % da massa dos ossos e dentes, apresentando propriedades de osteo integração e biocompatibilidade, aumentando o interesse na produção deste material, o que o torna um potencial substituto do osso em próteses e implantes. Ao contrário de outros fosfatos, a hidroxiapatita não se fragmenta em condições fisiológicas, é termodinamicamente estável em pH fisiológico, participa de maneira ativa em ligações ósseas e caracteriza-se por não apresentar toxicidade local ou sistêmica (COSTA *et al.*, 2009).

Em virtude da sua crescente aplicação, diversas técnicas têm sido mencionadas na literatura para a produção de pós de hidroxiapatita (SIMOMUKAY *et al.*, 2016) tais como o método de precipitação por via úmida (SILVA *et al*., 2020), método sol-gel (SOPYAN *et al*., 2017), método químico úmido por ultrassom (KOKSAL *et al*., 2019), método hidrotermal (NAYAK, 2010), síntese via micro emulsão (NAYAK, 2010), destacando-se o método Pechini, também conhecido como método dos precursores poliméricos (CARVALHO *et al.,* 2020; PEÑA e VALLET-REGI, 2003) que consiste na formação de quelatos entre os cátions metálicos com ácidos carboxílicos e posterior polimerização através de uma reação de poliesterificação com poliálcoois, visando uma distribuição melhor dos cátions a nível atômico, na estrutura polimérica (CARRENÕ *et al.*, 2002).

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo a síntese da hidroxiapatita através do método dos precursores poliméricos analisando a influência de diferentes relações entre o ácido cítrico e os cátions metálicos (AC/CM).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram sintetizadas utilizando os seguintes materiais: álcool etílico PA absoluto, ácido cítrico monohidratado (AC), etileno glicol (EG), fosfato de amônio dibásico e nitrato de cálcio. A síntese foi realizada da seguinte maneira: foram adicionados 100 ml do solvente álcool etílico em um bécker, o qual foi colocado em uma placa de aquecimento, com agitação constante, a uma faixa de temperatura de 70°C. O ácido cítrico foi adicionado na solução, e em seguida os precursores, nitrato de cálcio e fosfato de amônio. A relação do ácido cítrico (AC/CM) variou entre 1:1, 3:1, e 5:1. Posteriormente, o etileno glicol foi adicionado à solução. O etileno glicol foi mensurado de acordo com a razão 60/40, de AC/EG para cada uma das proporções AC/CM. Após a dissolução do etileno glicol a temperatura foi aumentada e mantida

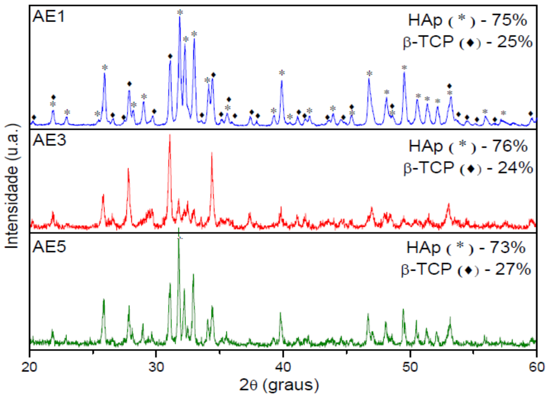
entre 100 a 120°C para a realização das reações de poliesterificação e consequente formação do gel. Foi realizado uma pirólise no gel a 400ºC/1h, com uma taxa de aquecimento de 10ºC/min, para a eliminação de matéria orgânica. O material obtido foi desaglomerado com o auxílio de um almofariz e pistilo, e logo em seguida passado em peneira ABNT n°200 (0,074mm), e calcinado na temperatura de 1000ºC, durante 1 hora, com taxa de aquecimento de 10°C/min, para obtenção da fase desejada. As amostras obtidas foram nomeadas de AE1, AE3 e AE5, quando a relação AC/CM usada foi de 1:1, 3:1 e 5:1, respectivamente.

As amostras sintetizadas foram caracterizadas por difração de raios X (DRX), para identificação das fases formadas, quantificação das fases, cristalinidade e tamanho de cristalito. O equipamento utilizado para essa análise foi o difratômetro de raios X modelo XRD-6000 da Shimadzu com radiação kα do cobre e varredura de 10 a 60º. A quantificação das fases foi realizada por meio do programa HighScore Plus. O tamanho de cristalito foi calculado a partir da equação de Scherrer. A cristalinidade foi determinada a partir da razão entre a área integrada do pico referente à fase cristalina e a área referente à fração amorfa. A análise termogravimétrica (TG/DTG) foi realizada em um analisador térmico, modelo TA-60, da Shimadzu, com taxa de aquecimento de 10°C/min, em atmosfera de nitrogênio, usando um cadinho de alumina e faixa de temperatura ambiente até a temperatura máxima de 1000ºC para avaliação das perdas de massa ocorridas durante o aquecimento do material.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra os difratogramas de raios X das amostras AE1, AE3 e AE5, que foram sintetizadas variando a relação AC/CM em 1:1, 3:1 e 5:1, respectivamente.

Figura 1. Difratogramas de raios X das amostras AE1, AE3 e AE5.



Fonte: Os Autores.

Analisando-se os difratogramas da figura 1 percebe-se que o padrão é semelhante para todas as amostras, com formação de uma cerâmica bifásica, sendo as fases formadas: hidroxiapatita e beta fosfato tricálcico (ß -TCP), de acordo com as fichas JCPDF (9 – 432) e JCPDF (9 – 169), respectivamente. Percebe-se que a percentagem da fase hidroxiapatita não variou significativamente com a variação da proporção AC/CM, variando de 64 para 71%. A formação da fase secundária de β-TCP possivelmente ocorreu devido a uma má complexação do grupo PO_4^{3-} causando uma distribuição homogênea insuficiente de íons do complexo com consequente segregação e formação de fases de fosfatos de cálcio (PEÑA e VALLET-REGI, 2003).

A Tabela 1 apresenta a quantificação das fases, cristalinidade e tamanho de cristalito das amostrasAE1, AE3 e AE5, sintetizadas nas proporções AC/CM 1:1, 3:1, e 5:1, respectivamente.

Tabela 1. Quantificação das fases, cristalinidade e tamanho de cristalito das amostras AE1, AE3 e AE5.

Amostra	Tamanho do cristalito (nm)	Cristalinidade (%)	Fase Hap (%)	Fase β-TCP (%)
AE1	42	82,5	71	29
AE3	73	88,2	64	36
AE5	80	91,5	69	31

Fonte: Os Autores.

De acordo com a tabela 1, percebe-se que os valores de cristalinidade são altos para todas as amostras, variando de 82,5 para 91,5 %, aumentando com a variação de AC/CM. Tal acréscimo é explicado devido à maior concentração de ácido cítrico à medida que a razão AC/CM também aumenta, o que proporciona uma distribuição mais uniforme dos cátions em solução e na resina (MARIAPPAN *et al*., 2006). Os tamanhos dos cristalitos variaram de 42 a 80 nm, evidenciando o caráter nanométrico das amostras, onde os cristalitos aumentaram de tamanho com o aumento da razão AC/CM. Possivelmente, o maior teor de ácido cítrico proporcionou uma maior tendência de formação de agregados durante o processo de calcinação (BERGER *et al.,* 2004).

Comparando todas as amostras estudadas, pode-se perceber que não houve mudanças significativas nas fases formadas, na quantificação das fases, e na cristalinidade, com relação a variações nas proporções de ácido cítrico/ etileno glicol.

As figuras 2 e 3 exibem as curvas de TG/DTG das amostras AE3 e AE5.

Figura 2. Análise térmica da amostra AE3.

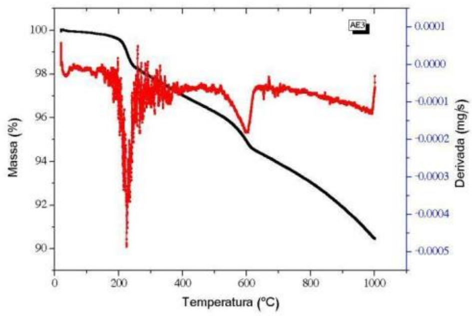
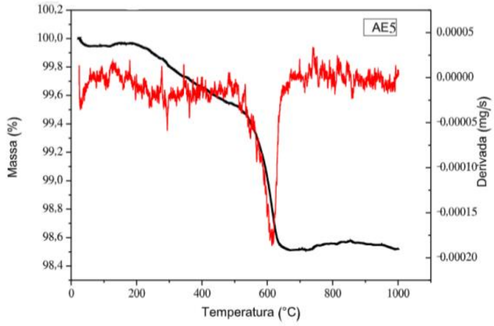


Figura 3. Análise térmica da amostra AE5.



Analisando as figuras 2 e 3 é possível observar que ambas as amostras apresentam curvas de TG/DTG similares, independente da proporção AC/CM utilizada, ambas com três eventos de perda de massa. A primeira perda ocorreu aproximadamente a 40 °C. A segunda perda ocorreu em aproximadamente 230° para a amostra AE3 e 300°C para a amostra AE5, referente a perda de água da rede e à decomposição residual da matéria orgânica (MANJUBALA e SIVAKUMAR, 2001). A terceira perda ocorreu em aproximadamente 600 °C, relacionado à descarbonização (SOFRONIA *et al*., 2014).

4. CONCLUSÃO

O método dos precursores poliméricos foi eficiente na síntese de nanopartículas de hidroxiapatita utilizando-se álcool etílico como solvente. Porém, todas as sínteses resultaram na formação de uma cerâmica bifásica, com segunda fase de ß-TCP. Não houve mudanças significativas nos resultados com as variações de AC/CM estudadas. Todas as amostras foram nanométricas com elevados valores de cristalinidade. Independente da relação AC/CM as perdas de massa ocorreram em

faixas de temperaturas semelhantes e referentes a perda de água, decomposição da matéria orgânica e descarbonização.

REFERÊNCIAS

Ana, I. D; Satria, G. A. P; Dewi, A. H; Ardhani, R. Bioceramics for ClinicalApplication in RegenerativeDentistry. Advances In Experimental Medicine and Biology, vol. 16, p.309-316, 2018.

Berger, D; Fruth, V; Jitaru, I; Schoonman, J. Synthesis and Characterisation of LaχSr(1-χ) CoO3 With Large Surface Area. Materials Letters, vol. 58, p.2418-2422, 2004.

Bet, M. R; Goissis, G; Plepis, A. M. G. Compósitos colágeno aniônico: fosfato de cálcio. Preparação e caracterização. Química Nova, vol. 20, p.475-477, 1997.

Bouler, J. M; Pilet, P; Gauthier, O; Verron, E. Biphasic calcium phosphate ceramics for bonereconstruction: A review of biological response. Acta Biomaterialia, vol. 53, p.1-12, 2017.

Brahim, M; Labaki, M; Giraudon, J. M; Lamonier, J. F. Hydroxyapatite, a multifunctional material for air, water and soil pollution control: A review. Journal of Hazardous Materials, vol. 383, p.121139, 2020.

Carreño, N. L. V; Leite, E. R; Santos, L. P. S; Filho, P. L. Síntese, caracterização e estudo das propriedades catalíticas e magnéticas de nanopartículas de Ni dispersas em matriz mesoporosa de SiO2. Química Nova, vol. 25, p.935-942, 2002.

Carvalho, G. K. G; Almeida, Y. B. A; Alves, K. E. S; Farias, J. R. S; Simões, V. N; Braga, A. N. S. Avaliação estrutural e morfológica da hidroxiapatita sintetizada por pechini. Brazilian Journal of Development, vol. 6, n. 9, p.71812-71821, 2020.

Costa, A. C. F. M; Lima, M. G; Lima, L. H. M. A; Cordeiro, V. V. Hidroxiapatita: obtenção, caracterização e aplicações. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, vol. 3, p.29-38, 2009.

Junfeng, H; Xun, W. Hydroxy apatitenano crystals: colloidalchemistry, assembly and their biological applications. Inorganic Chemistry Frontiers, vol. 1, p.215-225, 2014.

Kantharia, N; Naike, S; Apte, S; Kheur, M; Kheur, S; Kale, B. Nano-hydroxyapatite and its contemporary applications. Journal of Dental Research and Scientific Development, vol. 1, p.20-23, 2014.

Kawachi, E. Y; Bertran, C. A; Reis, R. R; Alves, O. L. Biocerâmicas: Tendências e perspectivas de uma área interdisciplinar. Química Nova, vol. 23, p.518-522, 2000.

Koksal, O. K; Apaydin, G; Tozar, A; Karahan, I. H; Cengiz, E. Assessment of the mass attenuation parameters with using gamma-rays for manganese substituted nano hydroxyapatite. Radiation Physics and Chemistry, vol. 159, p.76-80, 2019.

Manjubala, I; Sivakumar, M. In-situ synthesis of biphasic calcium phosphate ceramics using microwave irradiation. Mater Chem Phys, vol. 71, p.272-278, 2001.

Mariappan, C. R; Galven, C; Crosnier-Lopez, M. -P; Le Berre, F; Bohnke, O. Synthesis of nanostructured LiTi2(PO4)3 powder by a Pechini-type polymerizable complex method. Journal of Solid State Chemistry, vol. 179, p.450-456, 2006.

Nayak, A. K. Hydroxyapatite Synthesis Methodologies: An overview. Int. J. Chem. Tech. Res, vol. 2, p.903-907, 2010.

Oliveira, L. S. A. F; Oliveira, C. S; Machado, A. P. L; Rosa, F. P. Biomateriais com aplicação na regeneração óssea- método de análise e perspectivas futuras. Revista de Ciências Médicas e Biológicas, vol. 9, p.37-44, 2010.

Peña, J; Vallet-Regi, M. Hydroxy apatite, tricalciumphosphate and biphasic materials prepared by a liquid mixtechnique. Journal of the European Ceramic Society, vol.23, p.1687-1696, 2003.

Ramakrishnan, R; Wilson, P; Sivakumar, T; Jemina, I. A comparative study of hydroxyapatites synthesized using various fuels through aqueous and alcohol mediated combustion routes. Ceramics International, vol. 39, p.3519-3532, 2013.

Robertson, S. F; Bandyopadhyay, A; Bose, S. Titania nanotube interface to increase adhesion strength of hydroxyapatite sol-gel coatings on Ti-6Al-4V for orthopedic applications. Surface and Coatings Technology, vol. 372, p.140-147, 2019.

Santos, M. L; Florentino, A. O; Saeki, M. J; Aparecida, A. H; Lia Fook, M. V; Guastaldi, A. C. Síntese de hidroxiapatita pelo método sol-gel utilizando precursores alternativos: nitrato de cálcio e ácido fosfórico. Eclética Química, vol. 30, p.29-35, 2005.

Silva, L. M; Menezes, D. S; Narayanan, S; Shokuhfar, T; Shahbazian-yassar, R; Dalmônico, G. M. I; Werckmann, J; Farina, M; Santos, E. Counterions present in syntheses induce the precipitation of two different populations of Sr-containing hydroxyapatite crystals. Ceramics international, vol. 46, p.4502-4510, 2020.

Simomukay, E; Souza, E. C. F; Antunes, S. R. M; Borges, C. P. F; Michel, M. D; Antunes, A. C. Biocerâmicas aditivadas com nióbio (V): avaliação da rota hidrotérmica modificada com ácido cítrico e ureia para obtenção de hidroxiapatitas modificadas. Cerâmica, vol. 62, p. 9-14, 2016.

Sofronia, A. M; Baies, R; Anghel, E. M; Marinescu, C.A; Tanasescu, S. Thermal and structural characterization of synthetic and natural nanocrystalline hydroxyapatite. Mater Sci Eng, vol. 43, p.153-163, 2014.

Sopyan, I; Pusparini, E; Ramesh, S; Tan, C. Y; Ching, Y. C; Wong, Y. H; Zainal-Abidin, N. I; Hari-Chandran; Ramesh, S; Bang, L. T. Influence of sodium on the properties of sol-gel derived hydroxyapatite powder and porous scaffolds. Ceramics International, vol. 43, p. 12263-12269, 2017.

Takashi, I; Kishi, R; Miura, T; Ohzono, T; Yamaguchi, T. Formation of Hydroxyapatite Skeletal Materials from Hydrogel Matrices via Artificial Biomineralization Journal of Physical Chemistry, vol. 119, p.8793-9799, 2015.

CAPÍTULO 12

CURSO DE SUPORTE BÁSICO DE VIDA PARA INTERNOS E FUNCIONÁRIOS DA ASSOCIAÇÃO DE PARENTES E AMIGOS DOS DEPENDENTES QUÍMICOS: RELATO DE EXPERIÊNCIA

Sara Detomi Teixeira
Bacharel em Direito, pela Universidade Federal de Juiz de Fora
Acadêmica de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: sara.detomi@hotmail.com

Victória Gontijo Rocha
Acadêmica de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: victoriagontijo1@hotmail.com

Thulyo Gustavo Sousa Duarte
Acadêmico de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei – MG
E-mail: thulyoduarte@gmail.com

Gabrielle Gontijo Guimarães
Mestrado em Cirurgia e Oftalmologia, pela Faculdade de Medicina da UFMG
Instituição: Universidade José do Rosário Vellano
Endereço: Rua São Miguel, 97, Bairro Itapoã - Belo Horizonte, MG, CEP: 31710-350
E-mail: gabrielle.ufmg@gmail.com

Gabriela Andrade Vecchia
Acadêmica de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: gabivecchiasjdr@yahoo.com.br

Hanna Beatriz Pereira Santos
Acadêmica de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: hannabps@gmail.com

Thaynara Aparecida Moura Araújo
Acadêmica de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: thaynara.ap@hotmail.com.br

Karen Wynnie Rainha Braz
Acadêmica de Medicina, pelo Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Instituição: Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: wynniebraz@gmail.com

Allysson Dângelo de Carvalho
Médico especialista em medicina nuclear membro da Sociedade Brasileira de Medicina Nuclear
Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: allyssonmednuclear@gmail.com

Gustavo Campos Carvalho
Especialista em Urgência, Emergência e Atendimento Pré-hospitalar pela UNA-BH e Terapia Intensiva pela Universidade Gama Filho - BH
Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei - MG
E-mail: gustavo.carvalho@uniptan.edu.br

Rafael Zanola Neves
Enfermeiro, pela Universidade Presidente Antônio Carlos Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves
Endereço: Av. Dr. José Caetano de Carvalho - Centro, São João del Rei – MG
E-mail: rafael.neves@uniptan.edu.br

RESUMO: Introdução: Sendo a principal causa de morte em diversos países do mundo, a parada cardiorrespiratória, principalmente extra hospitalar é considerada um problema de saúde pública. Tendo em vista que a capacitação de leigos no Suporte Básico de Vida (SBV) com uso da simulação clínica tem papel relevante para a melhoria das taxas de sobrevivência das vítimas, é fundamental incluir membros da sociedade em projetos abordem o assunto. Metodologia: Trata-se de relato de experiência de membros da Liga Acadêmica de Simulação Realística (LASIR), do Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (UNIPTAN), em curso de SBV para internos e funcionários da Associação Parentes e Amigos dos Dependentes Químicos (APADEQ). Após revisões literárias, o curso foi composto por aula expositivo-dialogada e simulações vinculadas ao tema ofertado, seguido de aplicação de questionário contendo 20 questões. Resultados e discussão: A média de aproveitamento atingiu um índice de 62 % de acertos entre os participantes. 100 % gostariam de continuar tendo cursos voltados para o SBV, 95 % nunca fizeram algum curso sobre os temas e 90 % já presenciaram ou já ouviram casos de alguma situação de emergência abordada. Conclusão: Além de possibilitar troca de experiências, o

curso contribuiu para que, diante de cenários de emergência, os envolvidos consigam tomar decisões de forma mais segura e assertiva.

PALAVRAS-CHAVE: Suporte Básico de Vida, Simulação, Relação Comunidade-Instituição, Liga Acadêmica.

ABSTRACT: Introduction: Being the main cause of death in the world, cardiorespiratory arrest, especially outsideof a hospital environment, is deemed a public health issue. Considering that the training of laymanon basic life support with the use of clinical simulation has a relevant role in the increase of the survival rate of victims, it is important to include members of the community in projects dealing with this matter. Methodology: Experience relayed by the members of the Academic League of Realistic Simulation from the President Tancredo de Almeida Neves University during Basic Life Support course for interns and employees of the Association of Parents and Friends of Chemical Dependents. After literary review, the course syllabus was composed of lectures and simulations associated with the topic, followed by a questionnaire composed of 20 questions. Results and Discussions: The average grade was 62 %, being that 100 % of the trainees would like to continue toparticipate in Basic Life Support Training; 95 % had never participated in such training and 90 % had witnessed emergency situations. Conclusion: Besides providing an exchange of experiences, the course also contributed in the participant's ability to be able to handle emergency situations andmake decisions with more confidence.

KEYWORDS: Basic Life Support, Simulation, Extension project, Academic League.

1. INTRODUÇÃO

As Ligas Acadêmicas de Medicina são entidades formadas, principalmente, por estudantes e orientadas por docentes. Estas se fundamentam em atividades de ensino, pesquisa e extensão, semfins lucrativos, voltadas para uma determinada área da saúde (ABLAM). Com base nesses princípios, a Liga Acadêmica de Simulação Realística (LASIR), fundada em 2018 por estudantes de Medicina do Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (UNIPTAN), visa o desenvolvimento de práticas de simulação realística, como ferramenta de ensino, voltadas para a aprendizagem de habilidades técnicas, gerenciamento de crises, liderança, trabalho em equipe e raciocínio clínico. Dessa forma, o desenvolvimento de projetos de pesquisa e extensão, com base em metodologias ativas, se configuram fundamentais para o alcance de tais objetivos.

Com base nos fundamentos apresentados pela Liga, a escolha da temática do curso de Suporte Básico de Vida (SBV) para internos e funcionários da associação de parentes e amigos dosdependentes químicos (APADEQ), pautou-se na importância do aprendizado sobre procedimentos de primeiros socorros à vítimas de acidentes ou mal súbito, cujo estado físico põe em perigo a sua vida, com o fim de manter as funções vitais e evitar o agravamento de suas condições, aplicando medidas até a chegada de assistência qualificada (FIOCRUZ, 2003). Torna-se imprescindível, para isso, a instrução da comunidade com o intuito de promover mudanças comportamentais e noções básicas de primeiros socorros com base em conhecimentos prévios suficientes para agirem em situações de emergência, minimizando assim os danos à saúde (NARDINO, 2012). Assim, o curso de SBV foi ministrado por membros da LASIR, com enfoque nos temas de parada cardiorrespiratória, principalmente, e obstrução de vias aéreas por corpos estranhos.

Sendo a principal causa de morte em diversos países do mundo, a parada cardiorrespiratória (PCR), que ocorre, principalmente, em ambientes extra hospitalares, é considerada, atualmente, umproblema de saúde pública (LYRA *et al*., 2012). Frente a esse panorama mundial, se faz necessárioa capacitação não só de profissionais da área da saúde, como também de leigos, sobre como agir frente a estas situações de emergência. Para isso, o aprendizado do Suporte Básico de Vida com usoda simulação realística tem papel relevante para a melhoria das taxas de sobrevivência das vítimas de PCR, uma vez que serão aprendidas e aprimoradas

habilidades essenciais para a realização das manobras de ressuscitação cardiopulmonar.

Constituído por manobras que incluem suporte à ventilaç ao e à compressão torácica, o Suporte Básico de Vida (SBV) tem como objetivo normalizar a circulaç ão sanguínea para o cérebroe demais órgãos vitais, visto que a parada cardiorrespiratória é definida como uma condição súbita que causa a interrupção das atividades respiratórias e cardíacas, levando a uma deficiência absolutade oxigenação tissular no indivíduo (LUZIA; LUCENA 2019). A prática adequada das técnicas permite que uma pessoa efetivamente ressuscite uma vítima - é um método simples que provou sereficaz quando realizado corretamente (EVERETT-THOMAS *et al.*, 2016). Sendo assim, idealmente, todos deveriam conhecer o SBV e a ressuscitação cardiopulmonar (RCP), sejam eles profissionais da área de saúde ou leigos. Qualquer pessoa pode ser um socorrista e salvar vítimas de PCR, porém, o sucesso da RCP dependerá do nível de treinamento, experiê ncia e confianç a de quem a faz (AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2015).

A RCP é um procedimento que foi criado em 1960 e que permite que qualquer pessoa sustente a vida nos primeiros minutos críticos após parada cardíaca e respiratória (AROOR *et al.*, 2014). Como forma de treinar os indíviduos para o manejo das habilidades de RCP, o curso de Suporte Básico de Vida ensina como detectar os primeiros sinais que indicam uma parada cardiorrespiratória (PCR) - são eles: ausê ncia de resposta ao chamado ou a outro estímulo, de respiraç ão normal e de pulso. A RCP de alta qualidade melhora a probabilidade de sobrevivê ncia da vítima já que a sobrevivência está diretamente relacionada ao início precoce do atendimento (AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2015).

As características de uma RCP de alta qualidade no adulto sao:

- Iniciar as compressões do tórax em até 10 segundos depois do reconhecimento de uma PCR.
- Comprimir o tórax forte e rapidamente: velocidade de 100 a 120/min e profundidadede no mínimo 5 cm.
- Permitir o retorno total do tórax após cada compressão.
- Minimizar as interrupções nas compressões.
- Administrar ventilações eficazes que faç am o tórax se elevar.
- Evitar ventilação excessiva. (AMERICAN HEART ASSOCIATION,

2015).

A taxa de sobrevivência após RCP é de apenas 10 %, taxa essa que pode ser atribuída à qualidade deficiente de desempenho da RCP por leigos ou pelos profissionais de saúde, igualmente. Por este motivo, a American Heart Association (AHA) revisou seus protocolos e simplificou o processo de RCP a fim de aumentar a retenção das habilidades (ACKERMAN, 2009). Para maior êxito na prática da RCP, foi criada uma estratégia de ensino, que pode ser aplicado a todos, chamada de simulação realística – método de ensino mais utilizado para treinamento das habilidades de SBV (SCALABRINI NETO *et al.*, 2017).

A obstrução de vias aéreas por corpos estranhos (OVACE) é uma situação séria e potencialmente fatal, sendo que a gravidade dos sintomas depende do grau de obstrução. Assim, obstrução total ou subtotal, da laringe ou traqueia, gera asfixia podendo levar à morte rapidamente (GONÇALVES, 2011). É uma causa, relativamente incomum e evitável de parada cardiorrespiratória, provocando aproximadamente, 3.000 mil mortes por ano (LIMA, 2018).

A aspiração acidental de corpos estranhos apresenta maior prevalência em crianças, principalmente, e em idosos. Estes últimos devido à mastigação ineficiente pelo uso de próteses dentárias inadequadas (GONÇALVES, 2011). Como atendimento inicial extra-hospitalar à vítima com obstrução completa da via aérea, incapaz de falar ou tossir, deve-se realizar o deslocamento do corpo estranho usando tapotagens na região tóraco-dorsal e compressões torácicas em lactentes menores de um ano ou a manobra de Heimlich em crianças maiores, adultos e idosos. É válido ressaltar que tais manobras devem ser evitadas em pacientes capazes de falar ou tossir, isso porquea obstrução parcial pode se tornar uma obstrução completa (LIMA, 2018).

A simulação realística é uma estratégia de aprendizagem ativa centrada no aluno, isto é, ele se torna protagonista da cena criada tendo, como objetivo, despertar e manter o interesse do aluno; envolver o estudo de investigações científicas; desenvolver a capacidade de desenvolver problemas; compreender conceitos básicos e desenvolver habilidades (COSTA *et al.*, 2015). Permite a possibilidade da repetição de técnicas, buscando uma aquisição progressiva das capacidades e competências, além de possibilitar vivências de situações próximas ao real antes do contato direto com o paciente (SCALABRINI NETO *et al.*, 2017). Por fim, após o treinamento, um espaço é criado para que seja feita uma prática reflexiva e avaliativa

de todas as decisões tomadas e habilidades praticadas durante a simulação. Este feedback é essencial para a retenção do conhecimento, uma vez que coloca em pauta os pontos positivos e negativos do atendimento simulado e deve ser conduzido a partir das necessidades individuais de aprendizagem. A simulação tem sido cada vez mais usada na educação em saúde para ensinar habilidades cognitivas, psicomotoras e afetivas, individualmente e em equipes (MOTOLA *et al.,* 2013).

Em conclusão, sabe-se que a probabilidade de sobrevivência e recuperação em situações de emergências dependem da capacidade de quem presenciou o acontecido em saber quando e como iniciar o Suporte Básico de Vida (AMERICAN HEART ASSOCIATION, 2015). Sendo assim, o objetivo do projeto foi ministrar a teoria e a prática sobre Suporte Básico de Vida para internos e funcionários da Associação Parentes e Amigos dos Dependentes Químicos (APADEQ), com o intuito de valorizar a educação continuada, a prevenção de acidentes e a promoção da saúde.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um relato de experiência dos estudantes do Centro Universitário Presidente Tancredo de Almeida Neves (UNIPTAN), que compõem a Liga Acadêmica de Simulação Realística (LASIR), em um curso de Suporte Básico de Vida (SBV) para internos e funcionários da Associação de Parentes e Amigos dos Dependentes Químicos (APADEQ). O curso aconteceu em 2017, na APADEQ, localizada em São João del-Rei (Minas Gerais), sob forma de aula expositivo-dialogada e simulações vinculadas ao tema. A faixa etária dos participantes variou entre 20 a 60 anos. Contamos com um total de 34 participantes, sendo 6 funcionários e 28 internos, todos alfabetizados. Inicialmente foram realizadas aulas expositivo-dialogadas, ministradas pelos membros da LASIR, que abordavam condutas de suporte básico de vida relacionadas à parada cardiorrespiratória no adulto, parada cardiorrespiratória na criança e obstrução de vias aéreas por corpo estranho (OVACE). As aulas foram baseadas no livro de Protocolos de Intervenção para o SAMU. As simulações contaram com manequins e instrumentos de simulação realística fornecidos pelo UNIPTAN. Num primeiro momento as simulações foram realizadas pelos alunos, e posteriormente os participantes foram convidados a participarem das simulações afim de aplicarem o conhecimento oferecido pelas aulas e simulações previamente realizadas. Por fim, foi aplicado um questionário contendo 20 questões abordando

os conteúdos ofertados durante o curso para posterior análise de resultados.

3. DISCUSSÃO

O curso ministrado por acadêmicos do curso de medicina contribuiu para aperfeiçoar os aspectos práticos do SBV tanto aos internos da APADEQ como também proporcionou aprendizagem para os alunos com a vivência da realidade de profissionais que atuam em situações que requerem o SBV. Além disso, foi possível observar através de um *feedback* dialogado com os participantes, logo após o curso, em que a resposta foi positiva e unânime quando questionados se gostariam de continuar tendo cursos voltados para o SBV.

No decorrer da ministração foi estimulada a autonomia e o pensamento crítico reflexivo baseado tanto na teoria como na prática. Os alunos foram incentivados a considerar suas hipóteses, instrumentalizando seus conhecimentos prévios. Ao serem expostos aos cenários realísticos sobre SBV observou-se bom nível de emancipação e empoderamento que por sua vez, pode ser conceituado como a habilidade dos sujeitos de ganharem conhecimento e controle sobre forças pessoais para agir na direção de melhorias, à conquista de sua liberdade e autonomia sobre os determinantes que repercutem em suas vidas (ROSO & ROMANINI, 2014).

Além disso, as estratégias de ensino e aprendizagem utilizadas obtiveram resultados satisfatórios após a análise e correção da prova teórica. A média aritmética simples de aproveitamento das questões atingiu um índice de 62 % (M=6,2 pontos em um total de 10 pontos) de acertos entre os participantes (FIGURA 1).



Um relato de experiência inglês que realizou o curso de SBV em escolas, sinalizou que as crianças apresentaram excelente performance nas ações de compressões torácicas apesar de possuírem uma capacidade de pensamento abstrato pela idade (MACONOCHIE, SIMPSON &BINGHAM, 2007).

Corroborando com a experiência supracitada, foi observado pelos acadêmicos que a falta deescolaridade de alguns participantes não mostrou ser uma barreira para o aprendizado em SBV. Ascaracterísticas físicas e de saúde mental também não os impediram de realizar as ações de compressão e de cuidados, pelo contrário, com a espontaneidade que lhes é peculiar, expuseram suas experiências a cada tópico, fomentando a curiosidade e o interesse pelo tema apresentado. Entretanto, é importante salientar que nenhum dos participantes tinham idade acima de 50 anos, mesmo não tendo sido esse, um critério de seleção do nosso estudo.

Apesar da maioria dos participantes nunca terem exercido qualquer curso que abordasse os temas ministrados, as experiências abordadas por meio do processo de problematização criado, gerou um proveitoso compartilhamento de situações de primeiros socorros já vivenciadas anteriormente no núcleo familiar ou no convívio social dos internos que passaram por alguma situação de perigo semelhante. Diante disso, evidencia-se a importância da administração do curso de SBV para leigos,visto que qualquer pessoa pode estar exposta a uma situação de emergência seja por por um familiar ou desconhecido.

Foi verificado ainda, que mesmo tendo lançado mão de mecanismos formais de transmissão, tais como apostilas de estudo ou o repasse excessivo de conteúdos por slides, a estratégia de simulação não foi impedimento para aquisição de saberes, sendo esta utilizada como coadjuvante do aprendizado, fomentando conteúdo prático acrescido de relação de horizontalidade.

Entende-se que a horizontalidade dos conteúdos deve ser concedida na adaptação da linguagem e na dinâmica aplicada pelos instrutores. Outro relato de experiência sobre PCR que utilizou a metodologia expositiva e a prática na aplicação dos conteúdos, ratificou a importância datroca de experiências entre os sujeitos envolvidos no processo ensino-aprendizado, possibilitando assim, reflexões sobre melhoramentos futuros destas ações (SILVA *et al*., 2017).

Com isso, a assimilação do conteúdo desta experiência foi evidenciada além da prova teórica, por avaliações práticas, de cunho simulatório, onde os alunos tiveram a oportunidade de expor aquilo que aprenderam, sendo observados e

orientados pelos acadêmicos através de *debriefing*, etapa utilizada na simulação realística que tem como finalidade, corrigir pontualmente as possíveis falhas no entendimento prático/teórico, verificando as técnicas aprendidas.

Durante o processo de construção e desenvolvimento do curso de SBV, além da capacitação dos alunos participantes foi possibilitado aos monitores o aprendizado no que diz respeito à condução e gerenciamento de projetos de extensão, reforçando a função social da universidade perante a comunidade em que está inserida, bem como fomentando a extensão, um de seus pilares (MENEGON *et al.*, 2015).

Além disso, o curso integrou os acadêmicos de medicina à realidade da atividade profissional futura, permitindo-os simular situações que possivelmente serão vivenciadas em seus campos de trabalho. A implementação do projeto, além de permitir a todos os envolvidos uma oportunidade de aperfeiçoar suas habilidades quanto ao socorro das vítimas, evidencia sua responsabilidade dentro da comunidade em que estão inseridos, possibilitando inúmeras vivências que complementam as teorias abordadas em salas de aula.

Os acadêmicos, portanto, expandem seus horizontes e aperfeiçoam o senso-crítico na buscada elaboração e apropriação do conhecimento. Uma vez preparados, os concluintes podem atuar como agentes de propagação do conhecimento em primeiros socorros, prolongando o tempo de vidadas vítimas, para que assim possam chegar aos locais dotados de estrutura física e profissional pararealização do suporte avançado de vida, aumentando a sobrevida do paciente atendido no ambiente extra hospitalar (OLIVEIRA *et al.,* 2018).

A oportunidade de aprendizagem sobre SBV deveria ser garantida à toda comunidade, para que, dessa forma, o indivíduo pudesse agir com maior segurança ao se deparar com uma situaçãode emergência e, assim, reduzir danos e evitar complicações. No entanto, não bastam apenas aulas expositivas, quando se trata de primeiros socorros é preciso um treinamento prático, principalmentede "manobras como abertura de vias aéreas, posicionamento correto das mãos, compressão adequada do tórax, ventilação e ciclos de ventilação compressão adequados" (MIOTTO *et al.,* 2010).

Como limitações do estudo, apontamos a dificuldade de conceder generalizações, dado o fato restringir-se de uma abordagem única realizada e em uma parcela não significativa da população. No entanto, a proposta fomentou o ensejo para a continuidade das ações envolvendo acadêmicos de diversas áreas da saúde sobre

o tema SBV.

Como propostas de estudos futuros almeja-se desvendar através de estudo longitudinal as repercussões da instrumentalização precoce de saberes em SBV no âmbito social para leigos e a relação com os desfechos de socorro imediato de vítimas neste ambiente.

4. CONCLUSÃO

As ligas acadêmicas possuem enorme potencial no que concerne a formação do aluno, mas não se pode olvidar do seu compromisso social. Além de possibilitar a concretização de conhecimentos, projetos de extensão que objetivam educação em saúde e difusão de conteúdos que possuem a capacidade de reduzir ou evitar danos à saúde com simples ações são fundamentais.

Neste trabalho, especificamente, foi possível observar, através de relatos dos participantes, que existe uma demanda por parte da população para tais ações. Alguns já haviam presenciado situações de emergência evidenciadas durante o curso, porém, em razão da falta de conhecimento e capacitação, não souberam agir de maneira adequada. Motivo pelo qual todos os envolvidos reconheceram a importância das informações e do treinamento adquiridos.

O projeto, então, baseado em interação dinâmica e horizontal, além de ter sido valioso paraos envolvidos, que, de alguma forma, diante de cenários de emergência, conseguirão tomar decisõesde forma mais segura e assertiva e, consequentemente, poderão salvar vidas, contribuiu para aprimoramento de habilidades dos ligantes tais como senso crítico, comunicação, raciocínio, responsabilidade e criatividade.

Diante do exposto, resta claro que a troca de experiências entre comunidade acadêmica e sociedade devem ser sempre estimuladas, visto que aquela pode ser instrumento valioso para redução dos índices de morbidade e mortalidade em razão de causas muitas vezes reversíveis em caso de conduta imediata e correta.

REFERÊNCIAS

ABLAM, Associação Brasileira de Ligas Acadêmicas de Medicina. São Paulo. Disponível em: <https://ablam.org.br/>. Acesso em: 15 dez. 2019.

COSTA, O. R. R. *et al.* O uso da simulação no contexto da educação e formação em saúde e enfermagem: uma reflexão acadêmica. Espaço para a Saúde-Revista de Saúde Pública do Paraná, v. 16, n. 1, p. 59-65, 2015.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. Manual de Primeiros Socorros. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz, 2003. 170 p. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/biosseguranca/manualdeprimeirossocorros>. Acesso em: 15 dez. 2019.

ACKERMANN, A. D. Investigation of Learning Outcomes for the Acquisition and Retention of CPR Knowledge and Skills Learned with the Use of High-Fidelity Simulation. Clinical Simulationin Nursing, New York, v. 5, p. 213-222, Nov. 2009.

AMERICAN HEART ASSOCIATION. Destaques da American Heart Association 2015: atualização das diretrizes de RCP e ACE: Educação. Dallas, 2015.

AROOR, A. R. *et al.* Awareness about basic life support and emergency medical services and its associated factors among students in a tertiary care hospital in South india.. J Emerg Trauma Shock,New Delhi, v. 7, p. 166-169, Jul./Sep. 2014.

EVERETT-THOMAS, R. *et al.* The influence of high fidelity simulation on first responders retention of cpr knowledge. Applied Nursing Research, [S.I.], v. 30, n. 11, p. 94-97, 2016.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. Manual de Primeiros Socorros. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz, 2003. 170 p. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/biosseguranca/manualdeprimeirossocorros>. Acesso em: 15 dez. 2019.

GONÇALVES *et al.* Corpo estranho em via aérea. Pulmão RJ, Rio de Janeiro, 20(2):54-58, 2011. LIMA et al. EDUCAÇÃO EM SAÚDE: Multiplicando Informações em Suporte Básico de Vida.Joinville/SC, 2018.

LUZIA, M. F.; LUCENA, A. F. Parada cardiorrespiratória do paciente adulto no â mbito intrahospitalar: subsídios para a enfermagem. Revista Gaúcha Enfermagem, Porto Alegre, v. 30, n.2, p. 328- 337, 2009.

LYRA, P. F.; CORDEIRO, D. E. F.; GOIS, A. C. R.; MUNIZ, F. N.; LEÔ NIDAS, G. M.; SOBRINHO, C. R. M. R. Programa de educaç ão em reanimaç ão cardiorrespiratória: ensinando a salvar vida. Revista Brasileira de Educação Médica, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 570-573, 2012.

MACONOCHIE I, SIMPSON S, BINGHAM B. Teaching children basic life support skills. BritishMedical Journal. 2007; 334 (7605):1174.

MENEGON, R. R. *et al.* A Importância dos Projetos de Extensão no Processo de Formação Inicial de Professores de Educação Física. In: 14ª Jornada do Núcleo de Ensino de Marília, Anais. 01-12, Marília. 2015.

MIOTTO, H. C.; *et al* . Efeito na Ressuscitação Cardiopulmonar utilizando treinamento

teórico versus treinamento teórico-prático. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, São Paulo , v. 95, n. 3, p. 328-331, Sept. 2010 .

MOTOLA *et al.* Simulation in healthcare education: A best evidence practical guide. AMME GuideNo. 82, Medical Teacher, Miami, v. 35, p. 1511-1530, 2013.

NARDINO, Janaine *et al.* Atividades educativas em primeiros socorros. Revista Contexto & saúde.Rio Grande do Sul, v. 12, p. 88-92, 2012.

OLIVEIRA, S. F. G. *et al.* Conhecimento de parada cardiorrespiratória dos profissionais de saúde de um hospital público: estudo transversal. Rev Pesq Fisio. v.8, n.1, p.101-109, 2018.

ROSO A, ROMANINI M. Empoderamento individual, empoderamento comunitário e conscientização: um ensaio teórico. Psicologia e Saber Social. 2014; 3(1), 83-95.) .

SCALABRINI NETO, A. *et al.* Simulaç ão Realística e Habilidades na Saúde. Rio de Janeiro: Atheneu, 2017. 229 p.

SILVA JK *et al.* Suporte básico de vida para leigos: relato de atividades extensionistas. Rev. Ciênc.Ext. 2017; 13(1):190-203).

CAPÍTULO 13

CONSTRUINDO O CONCEITO E OPERACIONALIZANDO FRAÇÕES COM MATERIAIS CONCRETOS – VERSÃO COMPLETA

Givaldo da Silva Costa
Especialização em Matemática, pela Universidade Federal de Pernambuco.
Ex-Técnico de Ensino da Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco
Endereço: Av. Jean Emile Favre, 1008 – Bairro Ipsep – Recife/PE - CEP: 51.190-450
E-mail: givaldocosta59@gmail.com

RESUMO: Em pleno Século XXI, grande parte dos estudantes brasileiros, nos mais diversos níveis de escolaridade, sentem dificuldades em assimilar o ensino-aprendizagem envolvendo números racionais, em especial as frações. Na hipótese de que um dos principais motivos está na restrita exploração, no ambiente escolar, da aplicação de apenas um dos seus significados conceituais: a ideia de repartição e deixando em segundo plano o de medição, bem como na falta da prática cotidiana do uso de materiais concretos manipulativos, este capítulo, tem como prioridade construir o conceito de frações à luz dos seus principais significados, buscando uma explicação na origem epistemológica da sua palavra, associando à nomenclatura dos seus termos e fazendo um paralelo entre razão e fração, tendo como suporte a utilização de um kit fracionário, confeccionado com materiais simples. Procura entrar nos bastidores das quatro operações fundamentais dos números fracionários com uma linguagem clara e objetiva, compatível com o nível de escolaridade do Ensino Fundamental, fazendo com que as abstrações contidas em nossas regras, convenções e propriedades matemáticas sejam demonstradas e/ou justificadas, contribuindo para que a Matemática seja significativa.

PALAVRAS-CHAVE: Conceito, significado, instrumentalização, aprendizado.

ABSTRACT: In the middle of the 21st century, most Brazilian students, at the most diverse levels of education, find it difficult to assimilate teaching and learning involving rational numbers, especially fractions. In the hypothesis that one of the main reasons is the restricted exploration, in the school environment, of the application of only one of its conceptual meanings: the idea of sharing and leaving the measurement in the background, as well as the lack of daily practice of using concrete manipulative materials, this chapter has as priority to build the concept of fractions in the light of its main meanings, searching for an explanation in the epistemological origin of its word, associating it to the nomenclature of its terms and making a parallel between reason and fraction, having as support the use of a fractional kit, made with simple materials. It seeks to go behind the scenes of the four fundamental operations of fractional numbers with a clear and objective language, compatible with the level of education of elementary school, making the abstractions contained in our rules, conventions and mathematical properties to be demonstrated and / or justified, contributing for mathematics to be meaningful.

KEYWORDS: Concept, meaning, instrumentalization, learning.

1. INTRODUÇÃO

Segundo registros históricos encontrados no Papiro de Rhind, há cerca de 2.500 a.C., os geômetras do faraó egípcio realizavam marcação de terras para a população que ficavam às margens do rio Nilo, comprovando que, naquela época, as frações já eram praticadas com habilidade. Entretanto, atualmente, grande parte dos estudantes brasileiros, nos mais diversos níveis de escolaridade, principalmente no Ensino Fundamental, sentem dificuldade sem praticar as operações e resolver situações-problema com números racionais fracionários.

Os materiais concretos, em sala de aula, vêm sendo utilizado a mais tempo do que muitos imaginam como nos mostra Nacarato (2005): *“O uso de materiais manipuláveis no ensino foi destacado por Pestalozzi, no século XIX, ao defender que a educação deveria começar pela percepção de objetos concretos, com a realização de ações concretas e experimentações. No Brasil o discurso em defesa da utilização de recursos didáticos nas aulas de Matemática surgiu na década de 1920”.* Sendo assim, praticamente cem anos depois, na hipótese de que uma das principais dificuldades do ensino aprendizagem atual está na falta da prática cotidiana do uso de materiais concretos manipuláveis, urge uma prioridade pedagógica em fazer uso da instrumentalização adequada, uma vez que há constatação de que os conceitos fracionários são apresentados de forma incompleta, contribuindo para que este importante conteúdo tenha um alto índice de rejeição na classe estudantil.

É fácil perceber que professores dos anos iniciais do ensino fundamental, têm mais assiduidade no uso de materiais manipuláveis, devido à formação recebida no Curso do Normal Médio e/ou no Curso de Pedagogia, porém à medida que o nível de escolaridade aumenta, por motivos não totalmente esclarecidos, esses materiais vão escasseando em nossas salas de aula. Todavia, o fato é que justamente esta fatia de professores que mais utiliza materiais manipuláveis são as que têm menor intimidade com a disciplina de Matemática, diferentemente dos professores dos anos finais, que tem graduação específica na área, porém, muitos deles se distanciam da prática manipulativa de materiais em seu cotidiano escolar.

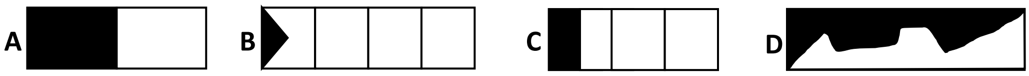
Atualmente professores e estudantes têm várias ferramentas digitais tecnológicas que estimulam a construir adequadamente os conceitos curriculares, porém poucos sabem fazer uso adequado desses instrumentos. Então, oportunidades de participação em eventos presenciais são sempre bem-vindas, principalmente na

modalidade de minicursos e oficinas pelo seu caráter teórico prático, proporcionam manipulação de materiais concretos, integrando o saber com o saber fazer.

2. CAMINHOS METODOLÓGICOS

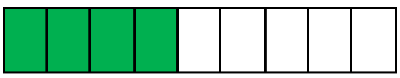
Como ponto de partida para iniciar discussões em torno do tema proposto nas Formações Continuadas de Professores, que acontecem no próprio ambiente escolar dentro das aulas-atividade, alguns questionamentos foram instrumentos de uma enquete aplicada com 40 professores da rede estadual de ensino, de diferentes cidades e escolas que lecionam nos anos finais do ensino fundamental, participantes do Projeto Ação de Fortalecimento da Aprendizagem, organizada pela Secretaria de Educação de Pernambuco, ao longo do biênio 2017/2018 que tem como foco as denominadas escolas prioritárias. São definidas como escolas prioritárias aquelas que têm baixo desempenho no SAEPE (Sistema de Avaliação do Estado de Pernambuco). Vejamos, então:

a) Colocando SIM ou NÃO, identifique quais figuras abaixo que representam frações. Em caso afirmativo, determine o seu valor fracionário:



Resp.: _____ Resp.: ______Resp.: ______Resp.: ______

b) Sabendo que uma das representações gráficas da fração 4/9 é a apresentada abaixo, como seria a representação gráfica da fração 9/4?



c) Como você define ou conceitua frações próprias e frações impróprias? Por que recebem esses nomes específicos?

d) Tomando como referência uma representação gráfica de 1/4, por que alguns estudantes a interpretam numericamente como fração 1/3?

e) Qual a linguagem correta que devemos usar ao comparar as frações 3/4 e 2/3: “Quantas vezes 3/4 estão contidas em 2/3” ou “Quantas vezes 3/4 contém 2/3”?

f) Por que, ao adicionar ou subtrair frações com denominadores diferentes, extraímos o MMC para dividir pelo denominador e o resultado multiplicar pelo numerador?

g) Por que na multiplicação de frações, multiplicamos os seus numeradores e os seus denominadores entre si?

h) Por que, na divisão de frações, repetimos o primeiro termo e multiplicamos pelo inverso do segundo termo?

Apenas para servir de parâmetro com outras enquetes semelhantes que possam ter sido realizadas por outras instituições e entrevistados, vejamos abaixo uma visão geral das respostas obtidas, mesmo porque – apesar de sermos um imenso país continental – mas, a realidade educacional não difere muito de uma região para outra, no quesito dificuldades de aprendizagem dos números racionais fracionários.

Com relação às quatro figuras (A, B, C, D) apresentadas nos questionamentos o resultado final mostrou que 100 % dos entrevistados afirmaram que a figura A é *“com certeza”* uma fração. Na figura B, a “certeza” já não era tão firme, pois apesar da figura estar dividida em partes iguais, a parte tomada (pintada) fugiu das representações comumente aplicadas, dividindo as opiniões, porém 50 % confirmaram que ela representa 1/16 “pela lógica”. Com relação à figura C, as opiniões mostraram que 80% sabem determinar também “pela lógica”, que ela representa 1/6, embora também afirmassem que não representa fração, *“porque o inteiro não está dividido em partes iguais”*; e quanto à figura D, todos afirmaram categoricamente que não representa frações, pois o inteiro “*está dividido de forma estranha e irregular*”, bem como não souberam determinar o seu exato valor fracionário, mesmo assim, alguns fizeram estimativa visual de ser 50 % do inteiro.

Quando solicitados para representar graficamente à fração imprópria 9/4, a visão inicial de 60 % dos entrevistados é de que *“é impossível construir uma figura em que o inteiro seja dividido em 4 partes, e dela destacar 9 partes”,* numa alusão ao procedimento de representar graficamente as frações próprias. Chamou a atenção o fato de que 70 % dos professores identificaram as frações próprias e impróprias ainda pela comparação de seus termos numerador e denominador, fazendo uso da memorização pela localização dos seus termos, entretanto, nenhum dos entrevistados soube responder sobre a origem das suas nomenclaturas. Quanto à distinção entre fração e razão, quando apresentada a representação gráfica de 1/4, todos os

professores afirmaram que a resposta apresentada por alguns alunos como a fração 1/3 é errada, porém a maioria não conseguiu detectar o motivo do erro, pois apenas 40 % têm discernimento de que essa resposta equivocada leva a outro tipo de relação comparativa: a razão.

No tocante à adição e subtração 80 % deles sabem que a aplicação do processo Mínimo Múltiplo Comum na adição e subtração de frações com denominadores diferentes, está relacionada com as suas frações equivalentes. Do total de entrevistados, 90% deles não compreendem o porquê na multiplicação de frações, devemos multiplicar os termos dos numeradores e denominadores entre si. Assim como todos não souberam o porquê na divisão devemos repetir o primeiro termo e multiplicar pelo inverso do segundo, confirmando apenas que assim procede porque a "*regra está no livro*" ou então porque "*é sempre assim que um professor faz em sala de aula*".

3. BUSCANDO RESPOSTAS

Logo após a aplicação das abordagens iniciais de frações (definição, leitura, nomenclatura dos termos, representação numérica e gráfica, tipos de frações, comparações, e outros itens importantes), finalmente as operações são apresentadas com suas regras técnicas da adição, subtração, multiplicação e divisão, geralmente sem sentido para os estudantes. Elas são memorizadas apenas para encontrar respostas das operações com frações que foram solicitadas pelo professor, mas não compreendem os procedimentos matemáticos inseridos no desenvolvimento operacional, nem tão pouco, sabem justificar a resposta encontrada. Isto nos lembra D'Ambrósio (1991) quando afirma: *"... há algo errado com a Matemática que estamos ensinando. O conteúdo que estamos tentando passar adiante através dos sistemas escolares é obsoleto, desinteressante e inútil".*

Podemos observar na afirmação acima que a crítica não está direcionada à importância dos conteúdos curriculares trabalhados nas escolas, mas à forma metodológica mecânica como eles estão sendo transmitidos, assim como à falta de contextualização com a realidade fora dos muros escolares, fazendo com que aquilo não tenha significado, estimulando assim o desinteresse dos estudantes, É preciso repensar as práticas pedagógicas para definir o ponto de partida e o ponto de chegada de cada conteúdo que, especificamente na Matemática, desafia os alunos com suas

inevitáveis abstrações inseridos nas regras e propriedades. Nesse contexto, os materiais concretos manipuláveis surgem como um forte aliado no ensino aprendizagem.

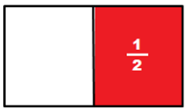
Na busca de respostas para os questionamentos acima aplicados, tivemos como aliado pedagógico *O Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa* (2009), onde aponta que a palavra *fração* vem do latim "*fractione*" que quer dizer "*dividir*, *quebrar*, *rasgar*", também lá encontramos: "*porção*, *parte de um todo"* e mais adiante ele finaliza: "*Na Aritmética: número que representa uma ou mais partes da unidade que foi dividida em partes iguais; número fracionário".* Notamos que nos registros acima apresentados, não há uma atitude precipitada em mostrar fração apenas como parte de uma divisão em fatias iguais, como acontece no ambiente escolar, gerando um conceito incompleto dos números fracionários, não havendo preocupação de também mostrar a fração como uma parte qualquer do inteiro.

Alguns especialistas educacionais apontam que a postura de alguns professores em apresentar a fração apenas como o inteiro dividido em partes iguais deve-se ao fato de que para realizar as suas operações fundamentais essa repartição igualitária é imprescindível para que possamos adicionar, subtrair, multiplicar e dividir as partes fracionárias. Levando-nos a averiguar que o motivo é simplesmente de caráter *operacional*, e não *conceitual*. Logo, o conceito de fração pode, inicialmente, ser resumida simplesmente como *"parte do inteiro"*; sendo em seguida, aplicado com o sentido aritmético, visando às operações que vem adiante. Mesmo porque essa precipitação de apresentá-las em partes igualitárias entra em choque com atividades do cotidiano. Imaginemos a seguinte situação: se alguém derruba um vaso de louça, ao se quebrar ele ficará em vários pedaços (cacos), provavelmente de tamanhos diferentes, e nem por isso, cada um desses cacos, deixará de ser uma parte fracionária do vaso. Outras situações como objetos cortados e repartidos aleatoriamente, como as figuras geométricas abaixo, apesar de não estar divididas em partes iguais, mas não dúvida de que a parte tomada de cada uma delas é fração porque representa uma parte do inteiro.



Fonte: Imagem disponível em www.google.com.br / figuras fracionárias, acesso em 05 nov. 2020.

Ao longo do tempo, ao construir o conceito de fração, a prática pedagógica escolar priorizou bastante o significado de “repartição” como significado conceitual, relegando ao segundo plano, o de “medição*”*. Entretanto, numa forma de equilibrar as ideias, propõe-se que sejam mostrados mais de um significado, direcionando o pensamento não apenas à *quantidade de partes iguais em que o inteiro foi dividido* (repartição*)*, mas sim também à *da parte tomada, quantas vezes ela cabe no inteiro*(medição*).* Mesmo porque, segundo Lopes (2008): “é unanimidade entre os estudiosos matemáticos, que *[...] não é possível isolar cada uma das ideias envolvidas com as frações e suas interpretações”*. Reforçado por Romanatto (1999), quando diz categoricamente: *“o número racional deve ser entendido como uma teia de relações nas quais noções, princípios e procedimentos matemáticos distintos são construídos ou adquiridos por meio de diferentes contextos”.*



Para distinguirmos a ideia de repartição e medição, tomemos como exemplo a fração 1/2. Como a ideia de repartição enfatiza em saber a quantidade de partes em que o inteiro é dividido e quantas delas são tomadas, então significa que o inteiro foi dividido em duas partes iguais e foi tomada uma parte. Por outro lado, tomando a fração como ideia de medição, enfatizamos em saber a quantidade de vezes que a parte tomada cabe integralmente no inteiro, então significa que a parte tomada cabe integralmente duas vezes no inteiro.

Também devemos destacar o significado da nomenclatura que damos quando classificamos os tipos de frações. Poucos param para pensar o porquê das denominações “frações próprias” e “frações impróprias”. Vejamos, no sentido geral, própria é aquilo que é *pertinente, característica, peculiar*. Imprópria é aquilo que é *inadequada, não é justa, inconveniente, d*eixando a impressão de que, do ponto de vista histórico, inicialmente as frações impróprias não foram bem aceitas no mundo acadêmico em épocas remotas, tal como aconteceu com os números negativos, que inicialmente foram chamados de *números absurdos*. Ainda hoje, a fração própria

recebe muito mais destaque do que a fração imprópria, sobretudo no tocante à sua representação gráfica.

Este procedimento traz dificuldades quanto à falta de conhecimento da representação gráfica das frações impróprias. Por exemplo, se pedirmos para representar graficamente a fração 9/4, os estudantes sentirão dificuldades, porém, ao transformar 9/4 em 2 ¼ a representação gráfica fica compreensível, quando as associamos com o processo da Extração do Inteiro, que é muito conhecido dos professores e estudantes, porém raramente essa associação é mostrada em sala de aula,

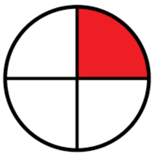
9/4 = 2 ¼



Fonte: Imagem disponível em www.google.com.br / figuras fracionárias, acesso em 17 jun. 2018.

Por outro lado, infelizmente, ainda é predominante a linguagem de que *"fração própria é aquela em que o numerador é menor doque o denominador"* (que leva apenas à memorização da localização dos termos fracionários), ao invés de *"fração própria é aquela que representa uma quantidade menor que um inteiro"* (que leva à compreensão pela comparação de uma parte com o todo). Situação similar ocorre com as frações impróprias. Sabemos que há uma grande vontade, por parte dos professores, em procurar uma linguagem mais acessível que façam com que os estudantes entendam com mais facilidade aquilo que se quer explicar, porém devemos ter a clareza de que nem sempre a linguagem mais fácil de transmitir algo é mais completa e consegue traduzir o conceito com exatidão, dificultando a compreensão do estudante quando o conteúdo for aprofundado mais adiante. Além disso, é importante enfatizar a compreensão em detrimento da memorização.

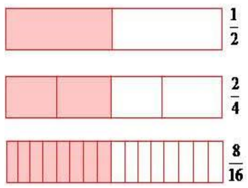
Quando cruzamos o conceito de fração e razão, percebemos que a etimologia latina da palavra razão vem de *ratio*, que possui a ideia de *divisão*. Vemos, portanto, que há uma ligação muito forte entre fração e razão, a ponto de quando solicitamos aos estudantes que representem numericamente um gráfico fracionário surgem pontos de interpretações visuais diferentes de uma mesma figura. Tomemos como exemplo a representação gráfica abaixo:

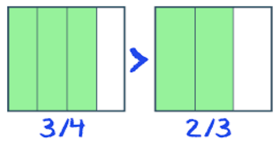


Neste exemplo, erroneamente, é bastante comum alguns estudantes a representarem numericamente como fração 1/3 (pois das quatro partes em que o inteiro foi dividido, uma parte está tomada e as outras três partes não estão), aplicando assim a leitura de “um está para três”. Outros a representam corretamente como fração 1/4 (pois o inteiro foi dividido em quatro partes iguais e que foi tomada uma parte), aplicando assim a leitura de “um quarto”. Dessa forma, podemos perceber que alguns a interpretam como *relação parte-parte,* e outros, como *relação parte-todo*. Na primeira relação está sendo aplicada a ideia de razão, e na segunda, a de fração. Cabe ao professor identificar e mostrar as devidas diferenças entre elas, apontando as suas peculiaridades e aplicações, porém, a distância dessas relações na sequência de conteúdos livrescos dificulta essa comparação, pois, geralmente, enquanto a fração é estudada a partir dos anos iniciais do ensino fundamental, a razão só aparece nos anos finais,

A linguagem utilizada pelo professor em sala de aula é um fator determinante para que haja o ensino aprendizagem devendo, portanto, ser clara e objetiva. O processo de comparação de frações possui papel de relevância, exigindo um pouco de cuidado quanto ao uso da linguagem “*contém”* (relação de inclusão que compara uma quantidade maior à outra menor) e “*está contido”* (relação de inclusão que compara uma quantidade menor à outra maior). Nunca utilizar a linguagem da relação de pertinência na comparação de frações. Voltando a um dos questionamentos iniciais, que linguagem usar na comparação entre 3/4 e 2/3, então temos que 3/4 contém 2/3.

Quando exposto no quadro as seguintes perguntas: *“Qual a maior fração 3/4 ou 2/3?” e “As frações 1/2, 2/4 e 8/16 são frações equivalentes?”* Para muitos alunos confirmarem que uma fração é maior ou menor que outra, fazem uso do procedimento de transformar as frações em denominadores iguais e assim encontrar as suas respectivas frações equivalentes, porém só se sentem definitivamente seguros da resposta quando são representadas graficamente. De fato, ao compararmos frações, os materiais concretos manipuláveis tornam-se um valioso instrumento pedagógico, pois a percepção visual não deixa dúvidas quanto à comparação entre as unidades fracionárias; situação oposta quando há apenas uso de registros numéricos, principalmente quando são abordadas frações com denominadores diferentes.



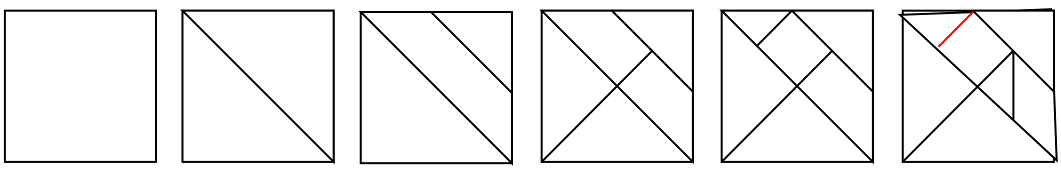


Fonte: Imagens disponíveis em www.google.com.br / figuras fracionárias, acesso em 11 set. 2020.

4. AMPLIANDO O CAMPO CONCEITUAL DE FRAÇÕES

Vale relembrar o que diz Lins e Silva (2008) no tocante ao trabalharmos frações em situações de medições: *"Relacionar frações com medidas é importante porque ajuda as crianças a perceberem frações como um número e não apenas como um símbolo que junta dois números (isso é muito comum) e para relacionar com medidas é muito importante destacar as frações unitárias, porque elas funcionam, neste caso, como um sistema de unidades de medida".*

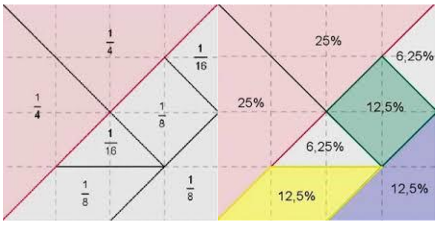
Como atividade prática para trabalharmos as frações em situações de medição a construção do Tangram, jogo chinês com sete peças bastante conhecido como quebra-cabeça geométrico para formar figuras, sempre é indicado também para estimular a criatividade e o raciocínio lógico. Feito a partir da decomposição de um quadrado, torna-se um bom material para trabalharmos frações, também com a ideia de repartição.



Utilizando as figuras geométricas encontradas (dois triângulos grandes, um triângulo médio, dois triângulos pequenos, um quadrado e um paralelogramo), identificar quais pares de peças representam figuras congruentes, semelhantes e equivalentes. Entre as respostas, as mais encontradas são:

- Figuras congruentes (par de triângulos grandes / par de triângulos pequenos)
- Figuras semelhantes (um triângulo grande, o médio e um pequeno)
- Figuras equivalentes (o quadrado e o paralelogramo)

Durante a confecção do Tangram, à medida que os segmentos de retas são traçados, as figuras geométricas vão sofrendo transformações e, a cada passo, temos oportunidade de determinar o valor fracionário de cada uma delas. Abaixo temos as sete peças do jogo já definidas com seus valores em forma fracionária e em forma percentual:



Fonte: Imagens disponíveis em www.google.com.br / figuras fracionárias, acesso em 20 fev. 2021.

Como os dois triângulos grandes, juntos, equivalem à 1/2 do inteiro, então fica fácil observar que apenas um deles equivale à quarta parte do inteiro, logo vale 1/4. Com o mesmo raciocínio, percebe-se que o triângulo médio equivale à metade de um dos triângulos grandes, logo vale 1/8 do inteiro. Por sua vez um dos triângulos pequenos equivale à metade do triângulo médio, logo vale 1/16 do inteiro. Para definir o valor do quadrado, basta observar que, se um dos triângulos pequenos equivale à sua metade, então ele vale o dobro de 1/16 que é 1/8 do inteiro. Mesmo procedimento para definir o valor fracionário do paralelogramo.

Pela justaposição ou sobreposição de peças, podem-se calcular valores em forma fracionária ou em forma percentual, por exemplo:

- Um triângulo grande mais o paralelogramo (1/4 + 1/8 ou 25 % + 12,5 %)
- Um triângulo grande mais o triângulo médio menos um triângulo pequeno (1/4 + 1/8 – 1/16 ou 25 % + 12,5 % - 6,25 %)

É importante também relembrar a decomposição dos termos de um número fracionário. O pleno domínio desse procedimento irá ajudar bastante nas operações fundamentais ao utilizarmos os materiais manipuláveis.

Exemplo	Representação Decomposta
3/8	3 X 1/8 (três vezes a unidade fracionária de 1/8)
2/5	2 X 1/5 (duas vezes a unidade fracionária de 1/5)
7/4 = 1 ¾	1 + 3 X 1/4 (um inteiro mais três vezes a unidade fracionária de 1/4)

5. CONSTRUINDO O KIT FRACIONÁRIO

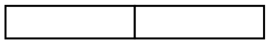
Diante de tantos tipos de materiais para sua confecção, tais como: barras, discos, cordas, réplicas representativas de bolos, pizzas, tabletes de chocolate, confeccionados com emborrachados, madeira, acrílico, etc., pode-se optar em utilizar cartolinas ou papel guache, devido ao seu baixo custo financeiro, fazendo com que os kits sejam reproduzidos em quantidades suficientes para a sua aplicação em sala de aula com formação de equipes, pois um trabalho coletivo pode ser interessante nesse momento.

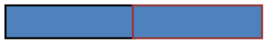
Importante ressaltar que no estudo de frações é preciso delimitar a *Representação do Inteiro*. Caso não haja esse referencial, haverá um campo de imaginação muito diversificado do inteiro interpretado/imaginado de acordo com a leitura de cada um. Em nossas atividades, o inteiro é representado graficamente por uma figura geométrica retangular, formando grupos a partir de unidades fracionárias de 1/2, 1/3 e 1/5. Convém lembrar que nada impede que outras unidades fracionárias possam ser inseridas no Kit, ampliando assim o Quadro da Classe de Equivalência.

A escolha das medidas da representação do inteiro, em centímetros, que irá servir de referência para construção das demais bandejas, é um detalhe que deve ser levado em consideração, pois sabemos que – por exemplo – ao representarmos a figura de 1/2 o inteiro será dividido igualmente em duas partes; ao representarmos 1/3 o inteiro será dividido igualmente em três partes, e assim por diante. E como temos em nosso kit fracionário representações de 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/8, 1/10, 1/12 e 1/20, então o ideal é pensar em uma medida da largura da figura que facilite a divisão exata pelos denominadores dessas frações. Um dos recursos é aplicar o Mínimo Múltiplo Comum (MMC), no que daria 120 cm, que também poderia ser reduzido para 60 cm.



Dentre as representações fracionárias do kit acima, tomemos como referência 1/2. Devemos construir duas bandejas: uma em papel guache cor branca e outra em papel cartolina colorida para ser recortada. No exemplo dado, uma unidade fracionária da bandeja colorida recortada deve ser colocada em uma unidade fracionária da bandeja branca, formando então a representação gráfica de 1/2. Assim:

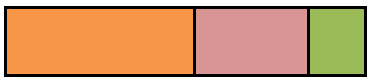
Bandeja branca representando o inteiro em papel guache: 

Bandeja colorida em papel cartolina a ser recortada: 

Unidade fracionária recortada sobreposta no inteiro: 

A escolha das cores das unidades fracionárias também é um elemento importante, Não é interessante que o kit completo seja de uma mesma cor. Há quem prefira selecionar as cores por grupo; outros preferem cores sortidas nos próprios grupos. O uso de cores diferentes torna-se um atrativo à parte quando comparamos as frações equivalentes e, principalmente, quando entramos na prática das operações. Inicialmente Antes de entrar nas operações fundamentais, propõe-se uma atividade interessante: Formar o inteiro utilizando as unidades fracionárias recortadas, quando justapostas entre si. Primeiramente, permitindo a repetição de peças e, em seguida, solicitar a formação do inteiro sem repetição de peças. Depois, aplicar atividades como:

-De quantas maneiras diferentes podemos formar o inteiro, utilizando as unidades fracionárias 1/2, 1/3 e 1/6? Quais são elas?



Respostas encontradas:1/2 + 1/3 + 1/6   1/3 + 1/2 + 1/6   1/6 + 1/2 + 1/3
1/2 + 1/6 + 1/3   1/3 + 1/6 + 1/2   1/6 + 1/3 + 1/2

Pode-se solicitar a formação do inteiro com outras unidades do kit fracionário e suas respectivas combinações, explorando o tema de forma gradativa indo do método aleatório à combinação sistemática, conforme o nível de escolaridade dos alunos.

6. OPERACIONALIZANDO COM MATERIAIS MANIPULATIVOS

Na adição, quando os denominadores das frações iniciais forem diferentes, a operação é realizada com as frações equivalentes de denominadores comuns, encontradas pelo processo do MMC ou pela determinação dos conjuntos de equivalência. Na subtração, o processo é similar ao da operação da adição, porém no manuseio dos materiais, manipulamos apenas os valores da primeira parcela (minuendo), e com ela, operacionalizamos os valores da segunda parcela (subtraendo).

ADIÇÃO E SUBTRAÇÃO
1/2 + 1/3 Encontrando as frações equivalentes e operacionalizando: 1/2 + 1/3= 3/6 + 2/6 = 5/6 Conferindo resultado: Sobrepondo a representação gráfica de 1/2 + 1/3 sobre a de 5/6 verificamos que elas são equivalentes.
5/8 – 1/4 Encontrando as frações equivalentes e operacionalizando: 5/8 - 1/4= 5/8 - 2/8 =3/8 Conferindo resultado: Sobrepondo a representação gráfica de 5/8 - 1/4 sobre a de 3/8 verificamos que elas são equivalentes.
1/3 + 3/4 – 1/2 Encontrando as frações equivalentes e operacionalizando: 1/3 + 3/4 – 1/2= 4/12 + 9/12 – 6/12 = 7/12 Conferindo resultado: Sobrepondo a representação gráfica de 1/3 + 3/4 - 1/2 sobre a de 7/12 verificamos que elas são equivalentes.

Na multiplicação, durante a leitura operacional substituir o sinal da multiplicação (x) pela preposição “de”, indicando que iremos procurar uma parte de algo. Caso a primeira fração seja maior do que a segunda, pode-se aplicar a propriedade comutativa, se assim ficar mais fácil a compreensão. Tomando como referência o denominador da primeira fração, aplicar a pergunta-chave que caracteriza a fração com o significado de medição, questionando *quantas vezes uma quantidade cabe em outra.*

MULTIPLICAÇÃO
2/5 X 1/8 Observação: Como no exemplo a primeira fração é maior do que a segunda, fica mais fácil inverter os termos para responder a pergunta-chave, logo: 2/5 X 1/8 = 1/8 X 2/5 Pergunta-chave: Que unidade fracionária colocada *oito vezes* vai cobrir 2/5? Operacionalizando:1/8 X 2/5 ou 1/8 de 2/5 = 1/20

Conferindo resultado: A figura de 2/5 contém oito vezes a figura de 1/20
1/4 X 2/3 X1/2 Observação: Como no exemplo temos sequência de duas operações multiplicativas, convém resolver a primeira, e com o produto encontrado, resolvera segunda. Pergunta-chave: Que unidade fracionária colocada *quatro vezes* vai cobrir 2/3? Que unidade fracionária colocada *duas vezes* vai cobrir 1/6? Operacionalizando: (1/4 de 2/3) de 1/2= 1/6 de 1/2 ou 1/2 de 1/6 = 1/12 Conferindo resultado: A figura 2/3 contém quatro vezes a figura de 1/6, por sua vez, a figura de 1/6 contém duas vezes a figura de 1/12.

Na divisão também aplicar a pergunta-chave que caracteriza a fração com o significado de medição, questionando *quantas vezes uma quantidade cabe em outra*. A pergunta pode ser feita do dividendo para o divisor ou também do divisor para o dividendo. Para justificarmos a inversão do segundo termo da divisão, comparamos a figura de 1 inteiro com o divisor da operação, sobrepondo as peças.

DIVISÃO
1/6: 1/4 Pergunta-chave: Quantas vezes 1/6 estão contidas em 1/4 ou quantas vezes 1/4 contém 1/6? Justificando a inversão: Sobrepondo a figura de 1 inteiro na de 1/4, ela contém 4 vezes. Operacionalizando: 1/6: 1/4 = 1/6 X 4 = 4/6 = 2/3 Conferindo resultado: Sobrepondo a figura de 1/6 na de 1/4, ela está contida 2/3 de vez.
3/5: 1/2 Pergunta-chave: Quantas vezes 3/5 contêm1/2 ou quantas vezes 1/2 está contido em 3/5? Justificando a inversão: Sobrepondo a figura de 1 inteiro na de 1/2, ela contém 2 vezes. Operacionalizando: 3/5: 1/2 = 3/5 X 2 = 6/5 = 1 1/5 Conferindo resultado: Sobrepondo a figura de 3/5 na de 1/2, ela contém1 1/5 de vez, ou seja, cabe uma unidade fracionária de 1/2 e mais um quinto de 1/2 (Observação: 1/5 de 1/2 = 1/10).
2: 2/3 Pergunta-chave: Quantas vezes 2 inteiros contêm 2/3 ou quantas vezes 2/3 estão contidos em 2 inteiros? Justificando a inversão: Sobrepondo a figura de 1 inteiro na de 2/3, ela contém 3/2 de vez ou 1 ½ de vez (ou seja, cabe 2/3 e mais metade de 2/3 (Observação: metade de 2/3 é 1/3). Operacionalizando:2: 2/3 = 2 X 3/2 = 6/2 = 3 Conferindo resultado: Sobrepondo as figuras que formam2 inteiros na de 2/3, elas contêm 3 vezes.
3/4: 3 Pergunta chave:

Quantas vezes 3/4 está contido em 3 inteiros ou quantas vezes 3 inteiros contém 3/4? Justificando a inversão: Sobrepondo a figura de 1 inteiro nas figuras que formam 3 inteiros, ela está contida 1/3 de vez. Operacionalizando:3/4: 3 = 3/4 X 1/3 = 3/12 = 1/4 Conferindo: Sobrepondo a figura de 3/4 na de 3 inteiros, ela está contida 1/4 de vez.

Em exemplo que contenha várias operações, aplicar os procedimentos básicos acima enfatizados em cada uma delas, obedecendo às regras das expressões numéricas, quanto à aplicação da ordem das operações e símbolos das expressões.

EXPRESSÃO
2/3: (3/5 – 1/2) Encontrando as frações equivalentes da operação constante nos parênteses e operacionalizando: 3/5 – 1/2 = 6/10 – 5/10 = 1/10 Formando a divisão entre a fração inicial e o resultado encontrado vem:2/3: 1/10 Pergunta-chave: Quantas vezes 2/3 contêm 1/10 ou quantas vezes 1/10 está contido em 2/3? Justificando a inversão: Sobrepondo a figura de 1 inteiro na de 1/10, ela contém 10 vezes Operacionalizando: 2/3: 1/10 = 2/3 X 10 = 20/3 = 6 2/3 Conferindo: sobrepondo a figura de 2/3 na de 1/10, ela contém 6 vezes a unidade fracionária de 1/10 mais 2/3 de 1/10 (Observação: 2/3 de 1/10 = 1/15).
(3/5 – 1/2) X (1 + 3/2) Encontrando as frações equivalentes das operações constantes nos parênteses e operacionalizando, temos: 3/5 – 1/2= 6/10 – 5/10 = 1/10 1 + 3/2= 2/2 + 3/2 = 5/2 Efetuando a terceira operação (multiplicação) com os resultados encontrados: 1/10X 5/2 = 5/20 = 1/4 Pergunta-chave: Que unidade fracionária colocada *dez vezes* vai cobrir 5/2? Conferindo resultado: A figura de 5/2, ou seja, a figura de 2 ½ (dois inteiros e meio) contém dez vezes a figura de 1/4.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelas respostas obtidas na enquete com os professores, podemos notar claramente que há uma predominância em nossas salas de aula, mostrando o significado de fração apenas como *"a divisão do inteiro em partes iguais",* colocando-

os muitas vezes em contradição quando aponta que uma determinada representação gráfica não é uma fração, mas ao mesmo tempo, dá-se um valor fracionário “pela lógica”, que na verdade, mesmo sem o saber, estão aplicando o significado de medição, que não está tendo a merecida atenção em sala de aula. Faz-se também necessário uma mudança de olhar sobre a aplicação da definição ao classificar frações próprias e impróprias. Melhor caminho seria pela comparação com o inteiro, pois é importante enfatizar a compreensão em detrimento da memorização da localização dos seus termos.

Em relação à adição e subtração, os entrevistados são cientes que a aplicação do MMC (Mínimo Múltiplo Comum) na adição e subtração de frações com denominadores diferentes, está relacionada com as suas frações equivalentes, porém nenhum deles faz a verificação dessa importante equivalência utilizando materiais concretos, mas apenas através de registros numéricos no quadro, deixando assim de usar um recurso manipulativo que poderia, pela justaposição ou sobreposição de peças, comprovar o que está sendo registrado numericamente no quadro, facilitando a compreensão.

Todos os professores entrevista dos compreendem o fato de que ao multiplicarmos uma fração por outra, o resultado pode ser menor ou maior que a fração inicial, porém reconhecem que a maioria dos estudantes vê a multiplicação como algo que leva à ideia de sempre aumentar, como acontece com os números naturais, o que dificulta um pouco o seu entendimento inicial. Logo, devemos chamar a atenção que quando efetuamos uma multiplicação entre dois ou mais números fracionários, estamos procurando uma fração de outra fração, cuja abordagem fica mais visível quando substituímos o sinal da multiplicação (x) pela preposição “de”. Essa situação fica mais explícita na percentualidade (%), ao calcular a taxa percentual de determinada quantidade. Exemplo: Calcular 5 % de 60, que leva ao registro de 5/100 X 60.

Dos 40 professores consultados sobre o porquê na divisão repetirmos o primeiro termo e multiplicarmos pelo inverso do segundo, nenhum soube justificar o procedimento. Um bom caminho para mostrarmos a inversão do segundo termo da divisão é sobrepor a figura de 1 inteiro na figura que representa o divisor e, assim saberemos quantas vezes ele contém ou está contido no divisor, o que corresponde exatamente ao termo fracionário invertido que consta no divisor.

Ao final de todas as etapas da Formação Continuada de Professores sempre solicitamos uma avaliação oral dos participantes, e obtemos respostas positivas como: *"A partir de hoje não tenho como deixar de ver as frações de uma forma diferente, a qual estava acostumada"; "Mudei totalmente o olhar que tinha sobre frações, já não me consigo ver trabalhando frações apenas escrevendo no quadro branco"; "Realmente precisamos dar um significado às regras matemáticas que usamos, principalmente às aplicadas nas operações com frações".*

Importante enfatizar que este estudo baseado no resultado de uma amostragem é proporcionar uma reflexão sobre como os números fracionários estão sendo trabalhados em nossas salas de aula, uma vez que, podemos perceber facilmente a rejeição de grande parte dos nossos estudantes tem com o estudo das frações, talvez como consequência da forma metodológica mecânica como estão sendo transmitidos, fazendo com que estimule o desinteresse dos estudantes. Devemos, também, reforçar que a transposição didática bem planejada é, entre outros, um fator que influi decisivamente nos objetivos e/ou metas que o professor quer alcançar, aliada a uma linguagem clara e simples, compatível com o nível de escolaridade da clientela.

Destacamos que o uso de materiais concretos naturalmente impõe a aplicação de situações reais e significativas, principalmente nos exemplos iniciais, devido às suas limitações demonstrativas. Com a aplicação de valores maiores, os materiais concretos, aos poucos, vão saindo de cena, dando lugar apenas aos registros numéricos, porém ao chegar nessa fase da aprendizagem, já há compreensão das abstrações. Outro ponto a ser esclarecido é que apenas o uso desses materiais em sala de aula não significa que o ensino-aprendizagem acontecerá em "um estalar de dedos", como podemos confirmar por Nacarato, (2005) quando diz: *"Nenhum material didático – manipulável ou de outra natureza – constitui a salvação para a melhoria do ensino de matemática. Sua eficácia ou não dependerá da forma como o mesmo for utilizado".*

Naturalmente, o estudo aqui apresentado, não exige que seja aplicado fielmente da forma exposta, as modificações e/ou adaptações ficam por conta de cada professor. Assim, como confirmação do título que recebe o presente estudo e por ser a Matemática considerada uma disciplina abstrata, faz-se necessário, sim, o uso de materiais concretos para demonstrar as suas regras, convenções, propriedades e fórmulas, contribuindo para que a Matemática se torne prazerosa, dinâmica e

instrumental, deixando para trás a imagem negativa de ser uma disciplina rígida, chata e de difícil compreensão.

Para finalizar, tomemos uma passagem dos Parâmetros Curriculares de Pernambuco (2012), que nos incentiva a ser professor pesquisador, quando cita: *"... apesar da importância do livro didático no currículo escolar é fundamental que o professor não renuncie ao seu papel de sujeito que constrói a prática pedagógica, juntamente com os estudantes".* Assim vemos que o livro didático é o nosso principal referencial pedagógico, mas nem sempre ele pode trazer todas as informações que queremos, logo é preciso buscar o complemento em outras fontes impressas ou digitais.

Procuremos estimular em nossos professores e despertar em nossos alunos a habilidade natural de ser um eterno pesquisador, mesmo porque assim como os relacionamentos humanos, também as definições, conceitos, estratégias de ensino, formas de aprender se modificam e se transformam com o passar do tempo, pois tudo está em constante evolução, tal como a sociedade em que vivemos.

REFERÊNCIA

D'AMBROSIO, U. **Matemática, ensino e educação: uma proposta global. Temas & Debates.** São Paulo – SP, v.4, n.3, p.1-15, 1991.

FERREIRA, A. B. H., **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa** – 4ª edição, Editora Positivo, Curitiba – PR, p. 931, 2009.

COSTA, G.S., Capítulo do E-book **Universo dos Segmentos Envolvidos com a Educação Matemática.** Tema: Construindo o Conceito e Operacionalizando Frações com Materiais Concretos, Atena Editora, Ponta Grossa – PR, cap.8, p. 71-81, 2019.

LINS, R. C., SILVA, H., **Pró-Letramento** (Matemática). Brasília – DF. Ministério da Educação e Cultura, fascículo 4, p. 10-12, 2008.

LOPES, A. J. **O Que Nossos Alunos Podem Estar Deixando de Aprender Sobre Frações, Quando Tentamos Lhes Ensinar Frações.** Bolema, Rio Claro – SP, v. 21, n. 31, p. 1-22, 2008.

NACARATO, A. M. **Eu Trabalho Primeiro o Concreto.** Revista de Educação Matemática, São Paulo - SP, v. 9, n. 9-10, p. 1-6, 2005, SBEM – SP.

PERNAMBUCO, Secretaria de Educação de. **Parâmetros para a Educação Básica de Pernambuco. Parâmetros Curriculares de Matemática – Ensino Fundamental e Médio**, Recife – PE, p.51, 2012, CAEd.

ROMANATTO, M. C. **Número Racional: Uma Teia de Relações.** Zetetiké, Campinas – SP, v. 7, n. 12, p. 37-49, jul/dez, 1999.

CAPÍTULO 14

BEBIDA PROTEIA VEGANA

Marina Nóbrega Nascimento
Engenharia de Alimentos do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ).
Endereço: Rua Sebastião de Lacerda 30, 1005 bloco 1, Laranjeiras, Rio de Janeiro, RJ
E-mail: marina-nobrega@hotmail.com

Veridiana de Carvalho Antunes
Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Unicamp
Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ).
Endereço: Rua Voluntários da Pátria, 30. Bairro Belo Horizonte, Valença, RJ
E-mail: veridiana.antunes@cefet-rj.br

André Fioravante Guerra
Doutor em Ciência de Alimentos pela UFRRJ
Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ).
Endereço: Rua Voluntários da Pátria, 30. Bairro Belo Horizonte, Valença, RJ
E-mail: andre.guerra@cefet-rj.br

Rosa Helena Luchese
Doutorado: Food Science and Technology - University of Reading - Inglaterra
Professora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Rio de Janeiro, Depto
Tecnologia de Alimentos. Seropédica, RJ
E-mail: rhluche@ufrrj.br

RESUMO: O veganismo é um estilo de vida que exclui tudo que possa vir de origem ou subproduto animal, como alimentos, roupas e cosméticos, assim como visam à sustentabilidade. O mercado de produtos veganos está em ascensão, sendo necessário a criação de novos produtos para este público. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma bebida vegana, a base de leite de coco, em duas versões, adicionado de proteína de ervilha ou proteína de soja, inulina, sucralose e sabor morango, a fim de proporcionar um alimento para os veganos com alto valor proteico, pre e probiótico, sem adição de açúcar e de baixo custo de produção. Foram realizadas análises físico- química e sensoriais. Com base nos resultados obtidos e na indicação de consumo diário, as bebidas veganas possuem um aporte proteico em média de 9 % e 9,3 % para a bebida de soja e de ervilha, respectivamente, para 100 ml do produto. Nas análises sensoriais não houve diferença significativa entre as amostras, que obtiveram uma avaliação com média mais próxima do termo "gostei ligeiramente". A intenção de compra ficou entre os termos "provavelmente não compraria" e "indiferente". Conseguiu-se desenvolver uma bebida vegana com alto valor proteico, baixa quantidade de açúcar e gordura boa do leite de coco.

PALAVRAS-CHAVES: Nutritivo, ervilha, soja.

ABSTRACT: Veganism is a lifestyle that excludes anything that may come from animal origin or byproduct, suchas food, clothing and cosmetics, as well as sustainability. The market is on the rise, requiring the creation of new products for this audience. Thus, the objective of this work was to develop a vegandrink, based on coconut milk, in two version, added with pea or soy protein, inulin, sucralose and strawberry flavor, in order to provide a high protein protein food for vegans. prebiotic, without added sugar and low cost of production. Physicochemical and sensory analyzes were performed. Based on the results obtained and the indication of daily consumption, vegan drinks have an averageprotein intake of 9 % and 9.3 % for soybean and pea drinks, respectively, for 100 ml of the product. In the sensory analyzes there was no significant difference between the samples, which obtained anevaluation with a mean closer to the term “liked it slightly”. Purchase intention was between the terms “probably would not buy” and “indifferent”. It was possible to develop a vegan drink with high protein value, low sugar and good fat from coconut milk.

KEYWORDS: Nutritious, pea and soy.

1. INTRODUÇÃO

O mercado de produtos veganos está em ascensão, no Brasil e no mundo (BELTRAN *et al.,* 2020; RÉVILLION *et al.*, 2020). Segundo uma pesquisa realizada pelo IBOPE (2018), houve um crescimento nos interesses por produtos veganos na população brasileira em geral, pois mais da metade dos entrevistados (55 %) declara que consumiria mais produtos veganos se estivessem indicados melhor na embalagem ou se tivessem o mesmo preço que os produtos que estão acostumados a consumir (60 %).

No entanto, os veganos podem ter deficiências nutricionais, principalmente em relação ao consumo de proteínas, uma vez que as proteínas de origem vegetal apresentam aminoácidos limitantes, levando os mesmos a necessitar de consumir maior quantidade desse macronutriente (REZENDE *et al.*, 2015). Esse consumo pode ser alcançado com a ingestão de leguminosas, grãos, sementes e frutos secos (SLYWITCH, 2012).

A soja se destaca nesse cenário vegano por um ser um vegetal com alto valor proteico, sendo uma alternativa viável para nutrição humana. Além disso, é uma excelente fonte de vitaminas lipossolúveis, proteínas, minerais, antioxidantes e ácidos graxos. Apresenta também inúmeros benefícios à saúde humana, como, por exemplo, diminuição de doenças crônicas, diminuição do colesterol, até a manutenção das funções hepáticas (KWON *et al*., 2000).

Pesquisas vêm procurando alternativas de produtos com soja e seus derivados, com o objetivo de obter alimentos enriquecidos, com alto valor proteico, boas características sensoriais ecustos reduzidos (LADISLAU, 2017). Visto que a pesquisa do IBOPE (2018), mostra que as classessociais que mais se consideram vegetariana são a E e D.

Outra opção para o aporte protéico dos veganos é o consumo da proteína isolada de ervilha que é rica em aminoácidos essenciais como lisina e triptofano, tornando-se seu uso interessante naalimentação humana, visto que os cereais mais comuns usados como alimentos são deficientes nesses aminoácidos. Além disso, contém nas sementes uma alta concentração de fibras e minerais como fósforo, magnésio, cálcio, vitaminas do complexo B e proteínas (MIRANDA e VIANA, 2017).

A ervilha vem sendo estudada para ser utilizada em alimentos instantâneos em substituição a soja. Pois tem baixo índice glicêmico; alta taxa de antioxidantes e

substâncias anti-inflamatórias,que previvem doenças cardíacas. Além disso, possui também fitonutrientes que protegem contra ocâncer e substâncias que reduzem o risco de Alzheimer e de diabetes do tipo 2 (NASCIMENTO, 2017).

A proteína isolada de ervilha possui baixa solubilidade, portanto restringe seu uso em alimentos. As técnicas de aglomeração, por sua vez, podem melhorar as propriedades físico- químicas, como solubilidade, fluidez, instantaneização, retenção de água, fazendo com que esta proteína possa ser aplicada industrialmente em novas formulações ou como complemento ou substituto de preparações já existentes (NASCIMENTO, 2017).

Por isso, a proteína isolada de ervilha ganha espaço no mercado global. Algumas marcas utilizam a proteína como ingrediente para seus hambúrgueres de origem vegetais. É notório seu aumento no mercado com previsão de taxas de crescimento anual de 12,9 %, entre o período de 2018 e 2024. Segundo o relatório Global Market Insights, o volume de mercado pode subir para 160 milhões de dólares até 2024 (CHINAGLIA, 2019).

O leite de coco é constituído pela polpa do coco e água, a polpa contém aproximadamente 35-64 % de água, 25-34 % de gordura, 9-14 % de carboidrato e 5mg de vitamina C/100 g (SILVA *et al.*, 2011). Sua gordura é composta por ácidos graxos saturados, onde predomina o ácido láurico, ácido mirístico e ácido palmítico (SANTANA, 2012). Estudos mostram que o ácido láurico reduz a concentração de colesterol e aumenta a lipoproteína de alta densidade (HDL), considerado como colesterol bom (SILVA *et al.*, 2011).

Além disso, esses ácidos graxos de cadeia média encontrados na gordura do coco, principalmente o ácido láurico, constitu em uma fonte energética muito parecida com o carboidratoe tem uma baixa tendência a incorporar no tecido adiposo. Isso ocorre devido ao seu comprimento, pois os trigliceróis ricos em ácidos graxos de cadeia média, são absorvidos como ácidos graxos essenciais e transportados diretamente para o fígado onde são oxidados para fornecer energia (ASAKURA *et al.*, 2000).

O objetivo geral do presente trabalho foi desenvolver duas bebidas proteicas veganas sabor morango, a fim de proporcionar um alimento para os veganos com alto valor proteico, pre e probiótico e sem adição de açúcar.

Além disso, desejou-se também desenvolver uma metodologia para elaboração de bebidas com alto valor nutricional, em especial proteico; realizar sua

caracterização físico-química e averiguar a aceitação sensorial e intenção de compra dos produtos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PESQUISA COM CONSUMIDOR

Previamente, foi realizada uma pesquisa, no formulário Google, para entender qual seria o leite de vegetal mais indicado para a elaboração da bebida, com 50 entrevistados todos com características vegetarianas ou veganas.

2.2 ELABORAÇÃO DA BEBIDA

Foram produzidas duas formulações, como descrito na Tabela 1, uma com proteína isoladade soja (Vita Grãos) e outra com proteína isolada de ervilha (*Growth supplements*). As duas possuíram base de leite de coco (Mil®, composto por leite de coco pasteurizado, água, açúcar, espessantes, estabilizantes, conservantes, acidulante e aroma idêntico ao natural de coco), água mineral, preparado de morango (Borsato), inulina (*NOW FOODS*), aroma de morango (Duas Rodas®), goma xantana (espessante) e polifosfato (estabilizante).

Tabela 1: Formulação das bebidas veganas.

Ingredientes	1- Ervilha	2- Soja
Proteína Isolada*	7,04 %	6,81 %
Leite de coco	40,21 %	40,39 %
Água mineral	40,21 %	40,39 %
Preparado de morango	9,09 %	9,13 %
Sucralose	0,14 %	0,18 %
Goma xantana	1,1 %	1,09 %
Inulina	1,5 %	1,5 %
Aroma de morango	0,49 %	0,3 %
Polifosfato	0,23 %	0,21 %

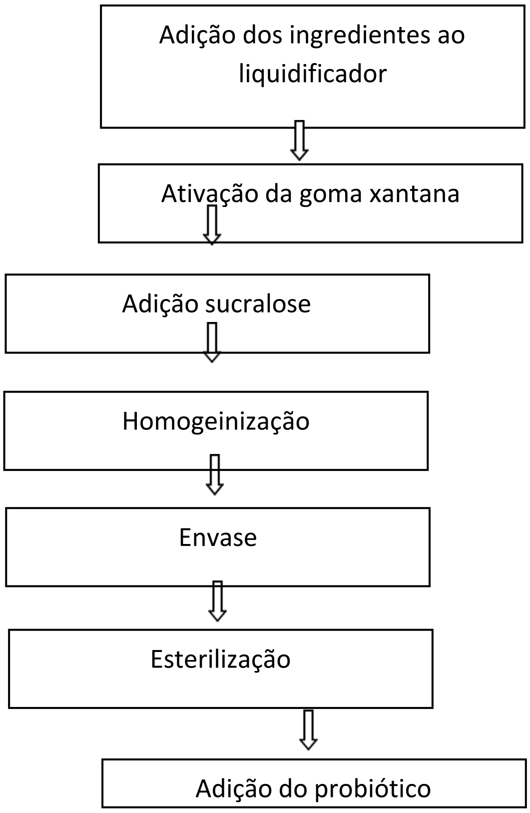
* a diferença em percentual é devido ao grau de pureza diferente de cada proteína
Fonte: Elaborado pela autora.

O preparo foi realizado conforme descrito no fluxograma (Figura 1).

Primeiramente, realizou-se a ativação da goma xantana, para isto, foi aquecida

água mineral a temperatura de 50º C, adicionado 10 gramas da goma xantana. Este preparado foi homogeneizado até dissolver a goma totalmente. Após a dissolução da goma, foram adicionados 18 mL, desta solução, juntamente com os demais ingredientes. A homogeneização da bebida ocorreu por 2 minutos em liquidificador. Após o fim da mistura a bebida foi colocada em recipientes de vidro, para realizar a esterilização em autoclave (110ºC/ 10 minutos).

Figura 1: Fluxograma da elaboração das bebidas.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.3 PADRONIZAÇÃO DE INÓCULO E PREPARAÇÃO DE CULTURA PROBIÓTICA

O pellet de células de biomassa foi obtido após três subculturas sucessivas em meio de caldo MRS (HiMedia, Mumbai, Índia) e incubação a 36 ° C por 24 horas. Diluições (1:10, 1:20, 1:50 e 1: 100 v / v) foram preparadas em tampão fosfato pH 7,2 e a absorbância lida em espectrofotômetro (Biospectro, Spectrum SP-2000UV, Brasil) a 600 nm. Simultaneamente, as células viáveis foram contadas por plaqueamento de alíquotas de diluições em série decimal em meio de ágar MRS (HiMedia, Mumbai, Índia) e incubação a 36 °C por 48 horas. Os gráficos de dispersão foram traçados,

com (eixo das abcissas) as contagens microbianas viáveis (Unidade formadora de colônias(UFC) / mL) e (eixo das ordenadas) os valores de absorbância. A regressão linear foi usada para modelagem matemática do crescimento microbiano e usada para obter o valor de inóculo desejado.

Contagem dos microrganismos probióticos

A técnica de microgotas foi aplicada para a enumeração de lacticaseibacilos em ágar MRS(HiMedia, Mumbai, Índia). Uma placa de microtitulação de plástico com 12 poços foi usada para semear as gotas (25 µL). Antes da semeadura, 1 mL de meio de ágar seletivo fundido e mantido a 50 °C foi adicionado aos poços usando uma micropipeta e pontas estéreis. Após completa solidificação, cada nível de diluição foi semeado em duplicata em dois poços diferentes da placa. Cada poço da placa foi semeado com apenas uma gota. Diluições decimais (até o 8º nível) foram realizadas por transferências de alíquotas em série (100 µL) para tubos Eppendorff contendo 900 µL de água peptonada estéril 0,1 %. As placas contendo ágar MRS foram incubadas a 36 ºC durante48 horas. As colônias foram contadas usando um contador de colônias (PHOENIX, EUA) e os resultados foram calculados usando pelo menos dois níveis de diluição sucessivos de acordo com a Equação 1 (ISO 7218, 2007).

$$N = \frac{\sum c}{V\,[n1 + 0.1n2)\,d}$$

(Equação 1)

Onde, $\sum c$ é a soma das colônias contadas nas duas placas retidas de duas diluições sucessivas (pelo menos uma das quais contém um mínimo de 10 colônias); V é o volume de inóculocolocado em cada placa (mL); $n1$ e $n2$ são o número de placas selecionadas na primeira diluição e o número de placas selecionadas na segunda diluição, respectivamente; d é a diluição correspondente à primeira diluição retida.

Tolerância a desafios que imitam o trânsito GI

O trânsito gastrointestinal in vitro foi realizado conforme relatado por Guerra *et al.* (2018), Lemos Junior *et al.* (2019) e Tarrah *et al.* (2019). O suco de base GI foi

preparado (0,11 g / L de cloreto de cálcio, 1,12 g / L de cloreto de potássio, 2,0 g / L de cloreto de sódio e 0,4 g / L de dihidrogeno fosfato de potássio) com água destilada e esterilizado a 121 ° C por 15 minutos. O sucogástrico artificial (SG) foi preparado para volume final de 75 mL, pela adição de 3,5 g / L de mucinasuína e 0,26 g / L de pepsina suína. O pH foi ajustado para 2,0 com HCl 1M. Uma alíquota de cerveja (1 mL) foi transferida para SG e incubada anaerobicamente a 36 ° C por 45 minutos, com agitação moderada. Posteriormente, foi obtido suco intestinal artificial para completar o volume final (100 mL) pela adição de 3,0 g / L de sal biliar, 1,95 g / L de pancreatina e 0,1 g / L de lisozimade clara de ovo ao SG. O pH foi ajustado para 7,0 com solução de bicarbonato de sódio 1M, seguido de incubação anaeróbica a 36 ° C por 180 minutos, com agitação moderada. A técnica da microgotafoi aplicada para contagens microbianas.

2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Para as análises de pH e totais de sólidos solúveis (°Brix) utilizou-se pHmêtro digital de bancada (MYLABOR) e o refratômetro digital de bancada (BUNKER).

A determinação de proteína foi realizada através do método Kjeldahl, baseando-se em três etapas; digestão, destilação e titulação. Nesse método, a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio é transformado em amônia.

Para a determinação de lipídios foi realizada a extração com solventes, método Soxhlet (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Para possuir uma maior eficiência do solvente, foi necessária a secagem das amostras na estufa por 7 horas em 105°C. Após a secagem, foram pesadasas amostras em cartuchos. Utilizou éter de petróleo como solvente conforme a metodologia do Instituto Adolf Lutz, 2008.

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

Após a determinação do teor de lipídios e proteína nas bebidas e baseado na recomendaçãodiária recomendada, foi calculado o aporte proteico e lipídico, ou seja, a contribuição das bebidas na dieta de seus consumidores (ANVISA, 2005).

2.5 VISCOSIDADE

As análises de viscosidade foram realizadas na Faculdade Federal Fluminense em Volta Redonda (UFF-VR), foram realizadas em triplicata, em reômetro rotacional

Thermo Haake MARS(Modular Advanced Rheometer System), utilizando geometria cone (modelo C60/1º Ti L) e placa (modelo MPC 60). Foi utilizado um gap (espaço delimitado entre as placas) de 172.4 mm e um volume de amostra de 2 mL, utilizou-se o software Haake Rheowin Job Manager (versão 4.41.0000) para a obtenção dos resultados. As análises foram realizadas em função da temperatura, o reômetropossui um controlador de temperatura, utilizando uma faixa de 13°C – 20°C, com uma tensão de cisalhamento de 25 Pa.

2.6 ANÁLISE SENSORIAL

Foram aplicados dois testes, aceitação e intenção de compra, avaliando os dois produtos em questão, com proteína de soja e proteína de ervilha, realizado com 50 provadores, preferencialmente veganos convidados. Os participante também foram questionados se tinham o hábito de consumir bebidas a base de “leite vegetais”.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) (CAEE 11583319.0.0000.5237). Os participantes receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para apresentação da pesquisa e permissão do uso dos dados obtidos.

As amostras foram apresentadas individualmente, de forma balanceada, juntamente com as fichas dos testes de aceitação e intenção de compra. Para o teste de aceitação utilizou a escala hedônica de sete pontos, (1- desgostei extremamente, 4- indiferente, 7- gostei extremamente). E para de intenção de compra foi utilizado a escala com cinco pontos (1- certamente não compraria 3-indiferente, 5- certamente compraria).

Para o tratamento dos dados foi utilizado o Excel ® 2010 (Microsoft ®), para cálculo da média e desvio padrão) e ANOVA.

2.7 CUSTOS DAS FORMULAÇÕES

Foi elaborado uma estimativa dos custos das formulações das bebidas, baseado no custo dos ingredientes utilizados em 100 mL.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PESQUISA COM O CONSUMIDOR

Participaram da pesquisa 50 consumidores com idades variada sendo a maioria na faixa etária entre 18 á 28 anos e depois com 51 á 60 anos. E 86 % dos entrevistados se declararam do gênero feminino.

O leite de vegetais mais indicado para utilização foi o leite de coco (Figura 2), seguido pelode amêndoas. Por isso, optou-se por trabalhar com o leite de coco pelo fácil acesso e afim de não tornar o preço do produto em desenvolvimento alto.

3.1 CONTAGEM DO PROBIÓTICO

A tabela 2 apresenta a contagem dos probióticos nas bebidas veganas durante armazenamento e no trânsito gastrointestinal.

Table 2 - Estresse microbiano originado do armazenamento refrigerado nas matrizes e do trânsito GI.

	Viabilidade de lacticaseibacilli - log UFC/mL											
	Bebida vegana de soja						*Bebida vegana de ervilha*					
Tempo (dias)	*Antes trânsito GI*			*Após trânsito GI*			*Antes trânsito GI*			*Após trânsito GI*		
0	88.78	±0.02	^{A};a	77.95	± 0.00	$^{AA;b}$	88.92	± 0.08	$^{AA;a}$	8.01	± 0.02	$^{AA;b}$
15	88.78	± 0.12	^{A};a	77.82	± 0.02	$^{A;b}$	88.88	± 0.06	$^{AA;a}$	7.67	± 0.02	$^{AA;b}$
30	88.24	± 0.10	^{A};a	77.15	± 0.09	$^{BB;b}$	88.67	± 0.07	$^{AA;a}$	7.01	± 0.05	$^{B;b}$

Médias com a mesma letra maiúscula dentro de uma coluna e a mesma letra minúscula dentro de uma linha para o mesmo microrganismo não são significativamente diferentes pelo teste de Fischer ($p > 0,05$). GI - gastrointestinal.

Segundo a FAO e a OMS, os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro (FAO / WHO, 2002; HILL *et al.*, 2014). Dentre as vantagens em relação aos microrganismosprobióticos, a modulação da microbiota intestinal revelou-se fundamental, uma vez que a disbiose intestinal é um gatilho para inúmeras doenças associadas ao microbioma e distúrbios metabólicos. A exclusão competitiva de probióticos pode ocorrer evitando a adesão de microrganismos patogênicos na mucina intestinal (células do globo) e células epiteliais, bem como reduzindo a

colonização por patógenos devido à produção probiótica de substâncias antimicrobianas. Assim, o probiótico pode afetar positivamente a saúde do hospedeiro ao combater a obesidade, infecção gastrointestinal, doença renal crônica, doença psiquiátrica e distúrbios neurológicos através da regulação do eixo microbioma-cérebro-imunológico, acidente vascular cerebral e doença de Alzheimer (ESLAMI *et al*., 2019; EJTAHED *et al*., 2019; HOLMES *et al*., 2020), entre outros distúrbios. Além disso, devido à composição dinâmica da microbiota intestinal, os probióticos devem ser consumidos com frequência para garantir uma vantagem competitiva e evitar a colonização intestinal por patógenos (MONTEAGUDO-MERA *et al*., 2019). Bebidas com potencial probiótico para veganos constitui uma alternativa para aumentar a quantidade de alimentos probióticos para um nicho específico de consumidores.

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As caracterizações físico-químicas das bebidas veganas são apresentadas na Tabela 23.

Tabela 3: Análises físicos- químicas das bebidas veganas.

	Proteína isolada utilizada	
	Soja	**Ervilha**
pH	6,46 ± 0,05	7,50 ± 0,08
°Brix	6,20 ± 0,08	5,93 ± 0,05
Proteína	6,79 ± 0,18	6,96 ±0,06
Lipídios	10,46 ± 0,09	9,83 ± 0,12

Fonte: Elaborado pela autora.

O valor de pH das bebidas elaboradas se encontra em uma faixa ótima para o crescimento microbiano de deteriorantes e patógenos, além de aumentar o risco de proliferação de toxinas bacterianas patógenas (PELCZAR *et al.,* 1997). Por isso, foi realizada a esterilização como um método de conservação.

A concentração de sólidos solúveis totais (°Brix) nas bebidas veganas formuladas deve-sea adição da inulina e preparado de morango. Pelo fato de não ser adicionado açúcar, os valores do ºBrix são inferiores a uma bebida com soja sabor iogurte com polpa de morango adquirida em um supermercado, que apresentou valores médios de 13 ºBrix (NUNES *et al*., 2014).

A ingestão diária necessária de proteína é em torno de 10 a 15 % da dieta (OMS, 2013). Com base nos resultados obtidos e na indicação de consumo diário, as bebidas veganas possuem um aporte proteico em média de 9 % e 9,3 % para a bebida com

proteína isolada de soja e de ervilha, respectivamente, para 100 mL do produto. Esse valor é relevante em comparação com produtos comerciais como, shake de coco sabor cacau da Vida Veg®, que possui o valor de 5,2 % em 100mL.

Bebidas elaboradas com leite de coco e adicionado de frutas apresentaram baixo teor de proteínas, variando de 1,47 a 1,61% (DE LIMA *et al*., 2018). No entanto, uma bebida tipo "iogurte"feita com extrato de soja apresentou valor médio de 5,31 % (LADISLAU, 2017).

Os lipídios também são importantes na dieta humana, às recomendações específicas variamde 15 % a 30 % do total da ingestão diária de energia, e quanto para gorduras saturadas à ingestão diária é considerada de 10 % (OMS, 2013). Conforme os resultados obtidos das análises das bebidasveganas, sua contribuição diária por 100ml, na dieta, será de 19,02 % de gordura para a bebida com proteína isolada de soja e um valor 17,87 % de gordura para a bebida com proteína isolada de ervilha.

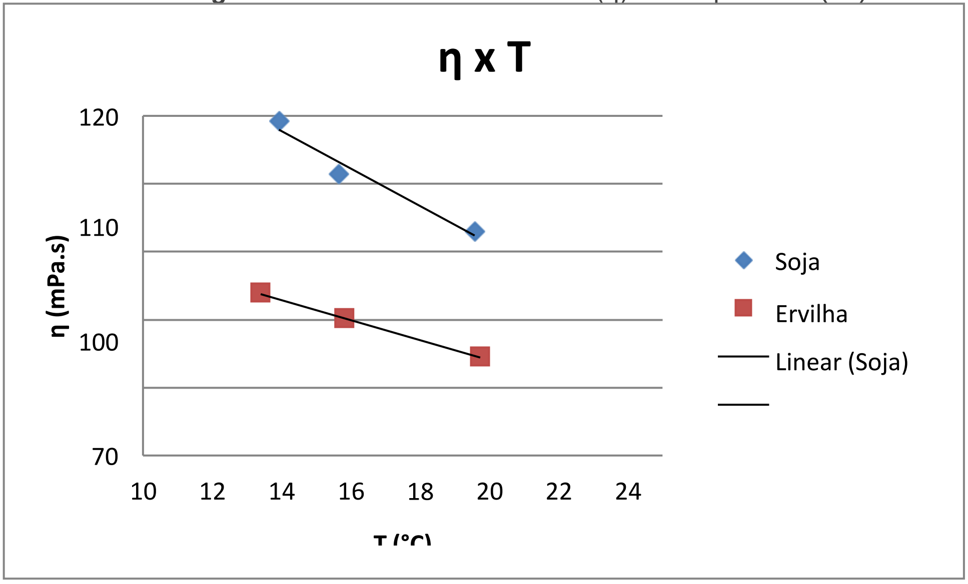
Bebidas tipo iogurte elaboradas com leite de coco obtiveram um valor inferior, variando de 5,94 a 6,83 % de gordura (DE LIMA *et al.*, 2018). Enquanto bebida similar a iogurte, mas elaborada com extrato de soja apresentou valor médio de 5,4 % (LADISLAU, 2017).

3.3 VISCOSIDADE

Na figura 3, observou-se a viscosidade (η) em mPa.s com três escalas de temperaturas, 19°C, 15°C e 13°C para as bebidas veganas decresce com o aumento da temperatura. Percebeu-se que abebida a com proteína se soja é mais viscosa que a com proteína de ervilha. O decréscimo observado da viscosidade, em função da temperatura, acontece por conta do rearranjo e/ou deformação das partículas resultantes na redução da resistência do escoamento (RAO,1994).

As duas bebidas possuem uma viscosidade melhor na temperatura de 13°C, com menos riscos de propensão a sinérese. Diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura tambémfoi observada na bebida de soja sabor iogurte com polpa de morango analisada por Nunes e colaboradores (2014).

Figura 3: Gráfico da Viscosidade (η) X Temperatura (°C).



Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 ANÁLISE SENSORIAL

O teste de aceitação sensorial, tabela 4, mostrou que as amostras de bebidas a base de proteínas isoladas de soja e de ervilha, respectivamente, não tiveram diferenças significativas nos atributos avaliados. O mesmo ocorreu para a intenção de compra, que ficou entre os termos "provavelmente não compraria" e "indiferente".

Tabela 4: Média dos resultados dos atributos avaliados no teste de aceitação das bebidas veganas.

	Atributos				
Amostras	Sabor	Doçura	Textura	Impressão Global	Intenção de compra
Soja	4,63+^{a}1,69	4,73+^{a}1,82	5,53+^{a}1,43	4,91+^{a}1,52	2,83+^{a}1,69
Ervilha	4,64+^{a}1,65	5,24+^{a}1,53	5,34+^{a}1,59	4,87+^{a}1,42	2,91+^{a}1,63

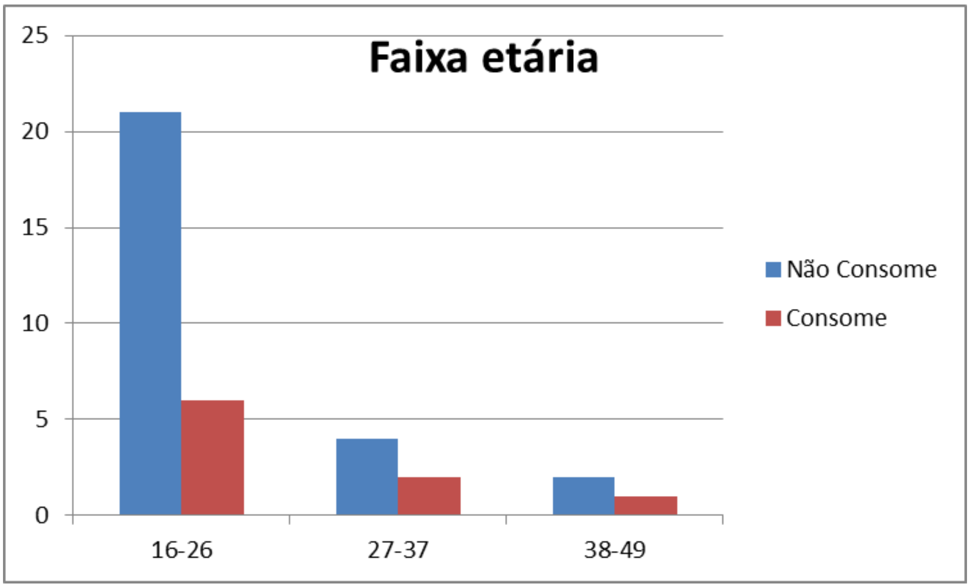
Letras iguais, na mesma coluna, não possuíram diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.
Fonte: Elaborada pela autora.

O sabor ficou classificado entre os termos "indiferente" e "gostei ligeiramente", o que pode ser atribuído, provavelmente, ao baixo consumo de leite de vegetais pelos provadores, como mostra a relação faixa etária e consumo de leite vegetais (Figura 4). Pois infelizmente não foi possível fazersomente com consumidores adeptos ao veganismo.

Notas similares também foram encontradas por De Lima *et al.* (2018) para bebidas á base de leite de coco nos sabores umbu e acerola. Já uma bebida tipo

iogurte elaborada com extrato de soja e sabor abacaxi obteve média 6,56 em uma escala de 9 pontos, ficando entre os termos gostei ligeiramente e gostei muito, para o atributo sabor (LADISLAU, 2017).

Figura 4: Relação do consumo de “leite de vegetais” e faixa etária dos provadores.



Fonte: Elaborada pela autora.

Apesar de não haver diferença significativa no quesito doçura, observou-se que a ervilha aferiu uma média maior, porém nas análises físico químicas o °Brix apresentou relação inversa. Oque pode ser explicado pelo fato da proteína de soja possuir uma leve presença de amargor.

No atributo textura a bebida elaborada com proteína isolada de soja obteve uma média maior que a com proteína de ervilha, apesar de não haver diferença significativa, o resultado condiz coma viscosidade já apresentado acima. A textura é um atributo importante relacionado a qualidade do produto, pois a falta de sinérese aumenta sua aceitabilidade (MATHIAS *et al.,* 2013).

Apesar das médias estarem entre os termos, “indiferente” e “gostei ligeiramente”, na impressão global, nota-se que as bebidas obtiveram uma média mais próxima de gostei ligeiramente.

Comportamento similar foi demonstrado por provadores de bebidas de coco com frutas, onde a média das notas de impressão global ficaram no mesmo intervalo, sendo maior somente quando adicionado da fruta manga (DE LIMA *et al.,* 2018).

O mesmo ocorreu para a intenção de compra, que também ficou entre os

termos “provavelmente não compraria” e “indiferente”, sendo maior, mais uma vez, somente para o sabor manga.

No trabalho realizado por Panozzo (2018) também se desejou o desenvolvimento de uma bebida vegana similar a iogurte utilizando extrato de coco. Nesse trabalho, médias superiores foramencontradas para os atributos sabor, textura e impressão global, todas ficando entre 6 e 7, em umaescala de 9 pontos. E os participantes demonstraram interesse em comprar o produto.

3.5 ESTIMATIVA DO CUSTO DA BEBIDA

A bebida foi formulada para o público vegano e suas necessidades, focando em um preço acessível para as classes E e D, que segundo (IBOPE 2018), se consideram vegetarianas. A tabela 5 mostra o custo estimado das bebidas, considerando somente o valor dos ingredientes utilizados.

Tabela 5: Custo (estimado) das bebidas por 100 mL.

Soja	Ervilha
R$ 1,32	R$ 1,69

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que a bebida elaborada com proteína isolada de soja em relação à com proteína isolada de ervilha tem menor custo. A diferença do preço se torna considerável para maiores volumes.

4. CONCLUSÃO

Visando contribuir para melhorar a alimentação vegana, foi desenvolvida, neste trabalho, uma bebida vegana com alto valor proteico, baixa quantidade de açúcar e gordura boa do leite de coco.

Foi observado que a aceitação sensorial das bebidas obteve boa avaliação, com média para mais próxima ao termo “gostei ligeiramente”. Apesar disso, a intenção de compra ficou entre os termos “provavelmente não compraria” e “indiferente”.

Desse modo, será necessário dar continuidade ao trabalho e aperfeiçoar a bebida, comparando-a também sensorialmente com um produto similar comercial.

No entanto, por se tratar de um produto inovador, com alta quantidade de

proteína, e o fato da maioria dos avaliadores não consumirem “leite” de vegetais, podemos considerar que os resultados obtidos foram considerados aceitáveis.

REFERÊNCIAS

ANVISA. Rotulagem Nutricional Obrigatória Manual de Orientação às Indústrias de Alimentos 2 aversão atualizada, 2005.

ASAKURA, L. et al. Dietary medium-chain triacylglycerol prevents the postprandial rise of plasmatriacylglycerols but induces hypercholesterolemia in primary hypertriglyceridemic subjects**. The American Journal of Clinical Nutrition.** Volume 71, Issue 3, Pages 701–705, Mar. 2000.Disponível em: https://academic.oup.com/ajcn/article/71/3/701/4729150 Acesso em: 25 out. 2019.

BELTRAN, L. B., Raspe, D. T., Castilho, P. A., de Sousa, L. C. S., Fioroto, C. K. S., Vieira, A. M.S., & Madrona, G. S. Desenvolvimento de sorvete vegano de chocolate formulado com batata docee leite de coco/Development of vegan chocolate ice cream formulated with sweet potatoes and coconut milk. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15274-15284, 2020.

CHINAGLIA L. O mercado global já mostra que a proteína de ervilha está em crescimento. **Vegan Business,** 12 mar. 2019. Disponível em http://veganbusiness.com.br/proteina-de-ervilha-em- crescimento/ Acesso em: 25 maio 2019.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª edição.1ª Edição digital. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf Acesso em: 11 out. 2019.
IBOPE. PESQUISA DE OPINIÃO PÚBLICA SOBRE VEGETARIANISMO, abr. 2018. Disponível em: https://www.svb.org.br/images/Documentos/JOB_0416_VEGETARIANISMO.pdfAcesso em: 24 abr. 2019

EJTAHED, H.-S., ANGOORANI, P., SOROUSH, A.-R., ATLASI, R., HASANI-RANJBAR, S., MORTAZAVIAN, A.M., LARIJANI, B., 2019. Probiotics supplementation for the obesity management; A systematic review of animal studies and clinical trials. J. Funct. Foods 52, 228–242.

ESLAMI, M., YOUSEFI, B., KOKHAEI, P., JAZAYERI MOGHADAS, A., SADIGHI MOGHADAM, B., ARABKARI, V., NIAZI, Z., 2019. Are probiotics useful for therapy of Helicobacter pylori diseases? Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis. 64, 99–108. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cimid.2019.02.010

GUERRA, A.F., LEMOS JUNIOR, W.J.F., SANTOS, G.O. DOS, ANDRIGHETTO, C., GIANOMINI, A., CORICH, V., LUCHESE, R.H., 2018. Lactobacillus paracasei probiotic properties and survivability under stress-induced by processing and storage of ice cream bar or ice-lolly . Ciência Rural .

HOLMES, A., FINGER, C., MORALES-SCHEIHING, D., LEE, J., MCCULLOUGH, L.D., 2020. Gut dysbiosis and age-related neurological diseases; an innovative approach for therapeutic interventions. Transl. Res. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trsl.2020.07.012

KWON, T. W.; SONG, Y. S.; KIM, J. S. Strategic consideration on the traditional soybean productsfor global comsumption. Japanese Society for Food Science and Technology, p. 300-301, 2000.

MONTEAGUDO-MERA, A., RASTALL, R.A., GIBSON, G.R., CHARALAMPOPOULOS, D., CHATZIFRAGKOU, A., 2019. Adhesion mechanisms mediated by probiotics and prebiotics

and their potential impact on human health. Appl. Microbiol. Biotechnol. 103, 6463–6472.

LADISLAU, H. Desenvolvimento de Iogurte de Soja sabor abacaxi adicionado de Lactobacillus rhamnosus com e sem inulina encapsulados em matriz alginato/quitosana. Dissertação de mestrado(Programa de Pós graduação em Nutrição) Centro de Ciências da Saúde .Universidade Federal dePernambuco. Recife- PE. 23 fev. 2017. Diponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/25475/1/DISSERTA%c3%87%c3%83O%20Hayane%20Ferreira%20Leite%20Ladislau.PDF Acesso em: 25 set. 2019.

Lemos Junior, W.J.F., Guerra, A.F., Tarrah, A., da Silva Duarte, V., Giacomini, A., Luchese, R.H.,Corich, V., 2019. Safety and Stability of Two Potentially Probiotic Lactobacillus Strains After In Vitro Gastrointestinal Transit. Probiotics Antimicrob. Proteins. https://doi.org/10.1007/s12602- 019-09565-2

DE LIMA, A. S.; Leite, E. A.; Garcia, E. I.; Mendes, M. L. M., & de Omena Messias, C. M. B. Formulação e aceitação de leite fermentado tipo iogurte sem lactose à base de leite de coco com frutas regionais. Saúde e Pesquisa, v. 11, n. 2, p. 239-248, 2018.

MATHIAS, S. et al. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais. Brazilian Journal of Food Technology v. 16, n. 1, p. 12-20, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/bjft/v16n1/aop_bjft_1811.pdf Acesso em: 22 out.2019.

MIRANDA, Thaís Meireles; VIANA, Eliene da Silva Martins. Avaliação da qualidade proteica daervilha. **GLOBAL SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 10, n. 1, 2017.

NASCIMENTO, R. F. Estudo do processo de aglomeração de proteína isolada de ervilha em leitofluidizado pulsado. Dissertação de mestrado (Faculdade de Engenharia Química) UniversidadeEstadual de Campinas, Campinas. S.P. 26 jul. 2017. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/330380/1/Nascimento_RaulFavaro_M.pdf Acesso em: 22 set. 2019.

NUNES, J. et al. Avaliação do perfil físico e reológico de bebida de soja sabor iogurte com polpa de morango**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável (Mossoró – RN)**, v. 9, n1, p.229-233, abr-jun, 2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. FAO/WHO. Relatório pericial sobre dieta alimentar, nutrição e prevenção de doenças crônicas. 23 de Abril de 2013. Disponível em: https://www.who.int/nutrition/publications/pressrelease32_pt.pdf Acesso em: 6 de out. de 2019.

PANOZZO, R. L. Avaliação da percepção sensorial e mercadológica sobre um produto vegano similar a iogurte. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2018.

PELCZAR, M *et al.* Microbiologia: conceitos e aplicações. 2.ed. São Paulo: Pearson Education:Makron Books, 1997.

Rezende, E. T., Godinho, S. E., de Melo Souza, A. C. N., & Ferreira, L. G. (2015). Ingestão proteicae necessidades nutricionais de universitários vegetarianos. *Revista de Atenção à Saúde*, *13*(44), 52-57.

Révillion, J. P. P., Kapp, C., Badejo, M. S., & da Veiga Dias, V. (2020). O mercado de alimentos vegetarianos e veganos: características e perspectivas. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, *37*(1), 26603.

SANTANA, I. A. Avaliação Química e Funcional de Polpa de Coco Verde e Aplicação em GeladoComestível. Dissertação de mestrado (Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) Escola de Engenharia de Mauá. Caetano do Sul. São Paulo- S.P. 2012).

SILVA, R. *et al.* Efeitos da suplementação dietética com óleo de coco no perfil lipídico e cardiovascular de indivíduos dislipidêmicos. **Brasília Med**; 42-49, 2011. Disponível em file:///C:/Users/Marina/Downloads/v48n1a08%20(1).pdf Acesso em: 22 set 2019.

Slywitch E. Guia alimentar de dietas vegetarianas para adultos. Departamento de Medicina e Nutrição [Internet]. Sociedade Vegetariana Brasileira. São Paulo; 2012. Disponível em: http://www.svb.org.br/livros/guia-alimentar.pdf. Acesso em: 22 set 2019.

Tarrah, A., da Silva Duarte, V., de Castilhos, J., Pakroo, S., Lemos Junior, W.J.F., Luchese, R.H., Fioravante Guerra, A., Rossi, R.C., Righetto Ziegler, D., Corich, V., Giacomini, A., 2019. Probiotic potential and biofilm inhibitory activity of Lactobacillus casei group strains isolated from infant feces. J. Funct. Foods 54, 489–497. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.004

CAPÍTULO 15

ANÁLISE COMPARATIVA DE FERVURA EM RECIPIENTE METÁLICO E RECIPIENTE VÍTREO

Levy Galas Jacob
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade deFortaleza (UNIFOR)
Endereço: Rua Osvaldo Cruz, 1170, Ap 11- Meireles, Fortaleza/CE, Brasil, 60125150
E-mail: levygjacob@gmail.com

João Batista Furlan Duarte
Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade de Fortaleza(UNIFOR)
Endereço: Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, Fortaleza/CE, 60811905
E-mail: furlan@unifor.br

Edson Augusto Soares Lopes
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade deFortaleza (UNIFOR)
Endereço: Av. Rui Barbosa, 1450 - apto 1301 - Meireles, Fortaleza - CE, Brasil
E-mail: edsonaslopes@gmail.com

Ricardo Gomes Félix Júnior
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade deFortaleza (UNIFOR)
Endereço: Rua Luiza Miranda Coelho 703, Fortaleza – CE, Brasil
E-mail: ricardo.felix@edu.unifor.br

Claudio Matheus Silva Lobato Ferreira
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade deFortaleza (UNIFOR)
Endereço: Av Lineu Machado 1140, joquei clube, Fortaleza – CE, Brasil – 60520102
E-mail: claudiomatheus@gmail.com

Romário Nogueira Monteiro
Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidadede Fortaleza(UNIFOR)
Endereço: Rua Rio da Prata, 208, José de Alencar, Fortaleza-Ceará Cep: 60830535
E-mail: romarioengprod@edu.unifor.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é detalhar e comparar o processo de ebulição, destacando como ele é afetado pelo material em que a fervura ocorre e reforçando que a água não ferve apenas a 100 °C, como amplamente acreditado pela população em geral. Os testes foram realizados usando uma panela de ferro revestida com Teflon, uma proveta de capacidade de 1L, um fogão Samoa Esmaltec de seis queimadores, um multímetro Minipa ET-2082C e um fio de termopar cobre-constantan. Todos os testes foram feitos no mesmo queimador do fogão, com uma potência média de 1,45 kW;a análise mostra que o fluido atingiu 101.666 °C em 25 minutos quando fervido em vidro e 96.666° C em 12 minutos quando cozido em um

recipiente metálico. Além disso, por causa do revestimento de teflon quando fervido usando o metal, houve maior formação de bolhas e uma maior perda de volume de líquido no final da fervura.

PALAVRAS-CHAVE:

ABSTRACT: The purpose of this paper is to detail and compare the boiling process, highlighting how it is affectedby the material in which the boiling occurs and reinforce that the water does not boil only at 100°C as largely believed by the general population. The tests were performed using an iron pan coated with Teflon, a 1L capacity beaker, a six-burners Samoa Esmaltec cooker, a Minipa ET-2082C multimeter and a copper-constantan thermocouple wire. All the tests were made in the same burnerof the stove, with a average power of 1.45 kW; the analysis shows that the fluid reached 101.666 °C in 25 minutes when boiled in glass and 96.666 °C in 12 minutes when boiled in a metallic container. Also, because of the teflon coating when boiled using the metallic vassel, there were higher amouts of bubbles formation and a higher loss of liquid volume at the end of the boiling.

KEYWORDS:

1. INTRODUÇÃO

Desde as nossas primeiras aulas de física na escola um dado que nos é exposto como certo éo ponto de ebulição da água. Ele é usado como referência ao estudar química, as escalas de temperatura (100°C, 373 K, 80°R etc...), termodinâmica, entre outros. Assume-se que a temperatura de ebulição só varia ao variar a pressão na qual se encontra o líquido.

Empiricamente, sabe-se que diversos fatores influenciam no processo de ebulição da água, como: concentração de sais dissolvidos neste, velocidade do aquecimento, altitude e pressão atmosférica nos quais o líquido se encontra, nível de aeração do fluido e o material do recipiente no qual a ebulição está ocorrendo. (MARCET, 1842).

No século XIX, Louis Joseph Gay-Lussac realizou experimentos onde ele analisava as diferenças de temperatura ebulição da água em recipientes de diferentes materiais. Nesse experimento ele chegou à conclusão que a ebulição está relacionada diretamente com as forças intermoleculares entre o fluido e a parede do recipiente ao qual foi alocado o fluido, entre outros fatores. Assim como Louis Joseph Gay-Lussac, outros cientistas também dedicaram suas vidas ao estudo da ebulição, como o Jean-André de Luc, que estudou a relação entre o grau de aeração da água e a temperatura de ebulição desta. Neste artigo se busca detalhar a comparação da ebulição em diferentes recipientes. (CHANG, 2004).

Este artigo é baseado em um artigo do mesmo autor, porém extendendo o ensaio a o dobro do volume de líquido a ser fervido, com o objetivo de traçar projeções para dados de volumes maiores de água nesta comparação.

2. MATERIAIS UTILIZADOS PARA A REALIZAÇÃO DO ENSAIO

Para os experimentos foi usada uma panela de ferro(de mesmas características e especificações da panela usada no artigo anterior, porém com capacidade maior), um becker com capacidade de 2L, um fogão Esmaltec modelo Samoa de seis bocas, um multímetro Minipa ET- 2082C, um conjunto de termopares cobre-constantan, uma haste de metal e uma proveta com capacidade de 2 L e água.

3. METODOLOGIA

Todos os testes foram realizados no menor queimador do fogão, com potencia de 1,45kW (NBR 13932, 1997) com o menor fluxo de gás permitido pelo regulador do queimador; 2L de água foi medido na proveta e transferido para o recipiente de fervura; o termopar foi posicionado no centro do volume líquido e ligado ao multímetro para a medição de temperatura. As temperaturas foram anotadas a cada minuto até 3 medidas após sua estabilização (quando se define a fervura plena, pois só o calor latente se manifesta). Após o resfriamento da água foi medido seu volume remanescente. Foram feitos três testes em cada recipiente e tiradas as médias de todas as variáveis do processo de fervura que foram listados em uma planilha no software Excel. Após o registro dos dados foi feita a análise destes, calculadas as médias de temperatura e foi elaborado um gráfico comparativo.

Imagem 1 – teste de fervura em recipiente metálico.



Fonte: O Autor.

Imagem 2 – teste de fervura em recipiente vítreo.

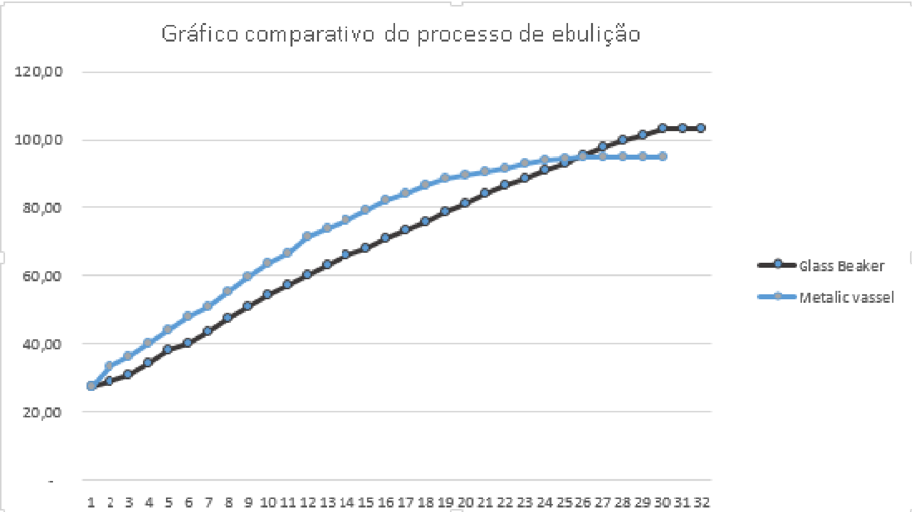


Fonte: O Autor.

4. RESULTADOS

Após os testes com o dobro do volume de líquido, pode-se observar que a água continuou a atingir temperaturas maiores quando fervida em vidro (103,333°C). Esta, porém atingiu ebulição plena em média dois minutos mais rápido (ao invés de uma diferença de, porém a uma temperatura menor (95,333°C), quando fervida em recipiente metálico. Para chegar à ebulição plena, a água levou em média 29 minutos em recipiente metálico e 31 minutos em recipiente vítreo. Houve evaporação média de 293,333 gramas de água nos testes em vaso metálico e 201,666 gramas de água no teste em recipiente de vidro.

Imagem 3 – gráfico de fervura da água.



Fonte: O Autor.

Imagem 4 – dados comparativos da fervura.

Média recipiente de vidro		Média ecipiente de aço	
Temp(°C)	Tempo (min)	Temp(°C)	Tempo (min)
27,33	0	27,33333333	0
29,00	1	33	1
31,00	2	36	2
34,33	3	40	3
38,00	4	44	4
40,00	5	48	5
43,33	6	51	6
47,33	7	55	7
51,00	8	59,66666667	8
54,33	9	63,33333333	9
57,33	10	66,33333333	10
60,00	11	71,33333333	11
63,00	12	74	12
66,00	13	76,33333333	13
68,00	14	79	14
70,67	15	82	15
73,33	16	84,33333333	16
76,00	17	86,33333333	17
78,67	18	88,33333333	18
81,33	19	89,33333333	19
84,00	20	90,66666667	20
86,33	21	91,66666667	21
88,33	22	93	22
91,00	23	93,66666667	23
93,00	24	94,33333333	24
95,33	25	94,66666667	25
97,67	26	95	26
99,67	27	95	27
101,00	28	95	28
103,33	29	95	29
103,33	30		
103,33	31		
Becker(média)		Metal vassel(média)	
V1:(mL)	2000	V1:(mL)	2000
V2(mL):	1798,3333	V2(mL):	1706,6667
Temp bolha(°C):	50,666667	Temp bolha(°C):	51,333333
Temp fervura plena(°C):	103,33333	Temp fervura plena(°C):	95,333333
dT(°C):	76,00	dT(°C):	67,666667
dV(mL):	-201,66667	dV(mL):	-293,33333
dM(g):	-201,66667	dM(g):	-293,33333

Fonte: O Autor.

5. CONCLUSÃO

Por possuir um ponto de ebulição dependente, entre outros fatores, do material do recipiente em que se encontra, podemos assim, justificar diferentes materiais para diferentes usos da água, ou solução desta. Por exemplo: se faz mais usual para a indústria farmacêutica o uso de reatores de parede cerâmica ou vítrea, pois através do uso deste material é mais preciso o controle da temperatura da mistura ao longo do tempo e se obtem um controle maior do processo, visto que a variação de temperatura é mais uniforme. Já em um recipiente metálico a ebulição é mais rápida, porém se alcança uma temperatura menor. Deve-se também ter em mente a influencia do revestimento teflon aplicado em, por exemplo, panelas. O teflon é uma substancia altamente hidrorepelente, o revestimento do recipiente metálico com este faz com que haja menos forças intermoleculares entre o liquido e a parede do recipiente, diminuindo assim a temperatura de ebulição, propicia o aumento da quantidade de bolhas e ocorre uma maior evaporação da água. (JACOB, *et al.*, 2018).

Era esperado que houvesse um comportamento mais aproximado do que se teve ao se ferver 1L de agua no artigo de JACOB, 2018. Usando o dobro do volume de líquido ocorreu uma estabilização do processo, o que aproximou os tempos destes. Porém, percebeu-se uma diferença de temperatura maior (o intervalo passou de 101,666°C no vidro para 103.333°C e em recipiente metálico de 96,666°C para 95.333°C). O ensaio foi realizado em condições muito similares ao ensaio realizado para o artigo citado.

REFERÊNCIAS

JACOB, L; LOPES, E; FELIX R; LOBATO, C; FURLAN, J. Boiling comparative analysis in metallic container and vitreous container. Águas de lindóia-SP: Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering - ENCIT 2018.

Çengel, Yunus, 2009. Heat and mass transfer . McGraw-Hill, 3 rd edition.

H. Chang., 2004. Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress . Oxford UniversityPress.

Harper, Charles A., 2003. Petrie Edward M. Plastics Materials and Process: A Concise Encyclopedia. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Marcet, F., 1842. " Recherches sur Certaines Circonstances qui Influent sur la Temperature du PointD'ebullition des Liquides "

McCann, S.W., Oct. 1935. The History, Development and Manufacture of Glass Lined Steel Equipment for the Brewing and Kindred Industries .

CAPÍTULO 16

DRAGA DE AR

Claudio Matheus Silva Lobato Ferreira
Graduando em Engenharia Mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Endereço: Av Lineu Machado 1140, joquei clube, Fortaleza – CE, Brasil – 60520102
E-mail: claudiomatheus@gmail.com

João Batista Furlan Duarte
Doutor em Física pela Universidade Federal do Ceará
Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Endereço: Av. Washington Soares, 1321, Edson Queiroz, Fortaleza/CE 60811905
E-mail: furlan@unifor.br

Levy Galas Jacob
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Endereço: Rua Osvaldo Cruz, 1170, Ap 11- Meireles, Fortaleza/CE, Brasil, 60125150
E-mail: levygjacob@gmail.com

Edson Augusto Soares Lopes
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Endereço: Av. Rui Barbosa, 1450 - apto 1301 - Meireles, Fortaleza/CE, Brasil
E-mail: edsonaslopes@gmail.com

Ricardo Gomes Félix Júnior
Graduando em Engenharia mecânica pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Endereço: Rua Luiza Miranda Coelho 703, Fortaleza – CE, Brasil
E-mail: ricardo.felix@edu.unifor.br

Romário Nogueira Monteiro
Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade de Fortaleza
Instituição: Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Endereço: Rua Rio da Prata, 208, José de Alencar, Fortaleza/CE Cep: 60830535
E-mail: romarioengprod@edu.unifor.br

RESUMO: O artigo tem como ideia inicial mostrar a confecção e o funcionamento de uma draga de ar, de uma máquina de fluxo onde não há geração de empuxo, mas uma grande aceleração de ar na saída, foram analisados os resultados e foi observado que o ajuste da draga de ar passa por muitas variáveis como o tipo de combustível ao tipo de bico colocado para fazer a combustão.

PALAVRAS-CHAVE: Máquina de fluxo, turbina, draga de ar.

ABSTRACT: The initial idea is to show how to make and operate an air dredger, a flow machine where there is no buoyant generation, but a large air acceleration at the outlet, the results were analyzed and it wasobserved that the adjustment of the Air dredger goes through many variables like the type of fuel tothe type of nozzle placed to make the combustion.

KEYWORDS: Flow machine, turbine, air dredger.

1. INTRODUÇÃO

A máquina de fluxo descrita como draga de ar, tem como princípio acelerar o ar no seu interior, usando o princípio da terceira lei de Newton, onde ocorre a ação da combustão e a reação do movimento de grande massa de ar, sendo esse o resultado da combustão que ocorre no interior do tubo menor, se tornando uma ferramenta semelhante a um "lança chamas", atingindo a velocidade de ar perto de MACH 5 na saída, sua aplicação pode ser adequada de acordo com a situação, podendo ser usada como demonstração de ganho de velocidade do jato de ar ou como uma ferramenta para refino de alguns metais como o ouro em garimpo.

2. METODOLOGIA

A construção de uma draga de ar utiliza dois tubos concêntricos como corpo e reservatório de combustível foi utilizado duas misturas de combustíveis, o álcool e a gasolina, sendo priorizado o uso do álcool, outro fator importante no processo de combustão foi a calibração do bico de injeção de combustível, assim obtendo uma melhor performance com segurança nos procedimentos.

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS PARA CRIAR A TURBINA

Usando o tubo externo SAE1045, diâmetro externo de 141mm e diâmetro interno 122mm, 350mm de comprimento para ser parte externa do corpo da draga, sendo o local onde ocorre a combustão inicialmente, todo o calor da chama será conduzida para o combustível, os vapores gerados por esse calor ficarão no reservatório, outro tubo é usado para gerar esse reservatório, um tubo interno SAE1045, diâmetro externo de 90mm e diâmetro interno 81,5mm, 350mm de comprimento, esses dois tubos concêntricos são soldados de forma a gerar o reservatório, como omodelo de tubo da figura abaixo.

Figura 1. Tubos de aço 1045.



Fonte: PINT0&CRUZ, 2017.

Um tubo de cobre, semelhante ao da figura 2, com diâmetro de 3/8 in, e comprimento de 270mm, foi usado para drenar o vapor de combustível de dentro do reservatório para o centro do tubo menor, com isso direcionando o fluxo para a outra extremidade, criando assim um fluxo de vapores que entram em combustão passando a se manter após um tempo, pois o calor gerado passaa fazer o sistema funcionar continuamente.

Figura 2. Tubo de cobre.



Fonte: AUTOR, 2017.

Um cotovelo de latão com furos roscados tipo npt, de 3/8 in semelhante ao da figura 3, geralmente usado em sistema de tubulações de gás, foi usado para acoplar o tubo de cobre que serve de alimentação de vapor para a turbina. A saída é uma válvula tipo borboleta semelhante ao da figura 4.

Figura 3. Cotovelo de latão.



Fonte: CONSIGAS, 2017.

A válvula tipo borboleta, semelhante ao da figura 4, foi usada para acoplar o sistema de bico injetor ao tubo externo e fazer a vedação do mesmo no sistema, o formato do bico facilita a vedação,sendo essa feita através da rosca da borboleta, o filete de rosca encaixa perfeitamente na porca de um parafuso sextavado, a válvula borboleta possui rosca estilo NPT na sua conexão superior, o quepermite o encaixe do cotovelo descrito no parágrafo anterior, e sua própria vedação pelo modelo de rosca.

Figura 4. Válvula borboleta.



Fonte: BECOGASMETAL, 2017.

Os parafusos usados para fazer a função de base e de tampa da entrada do reservatório são de tamanho 24mm. Foram usados um parafuso e duas porcas, uma das porcas recebe a válvula borboleta de glp, outra porca recebe o próprio parafuso, criando assim uma tampa, rosqueavél parao reservatório onde fica o combustível, os vapores de combustível devem sair só pelo tubo de cobre.

Figura 5. Montagem final (A) tampa, (B) borboleta, (C) tubo.



Fonte: AUTOR, 2017.

3. DESENVOLVIMENTO

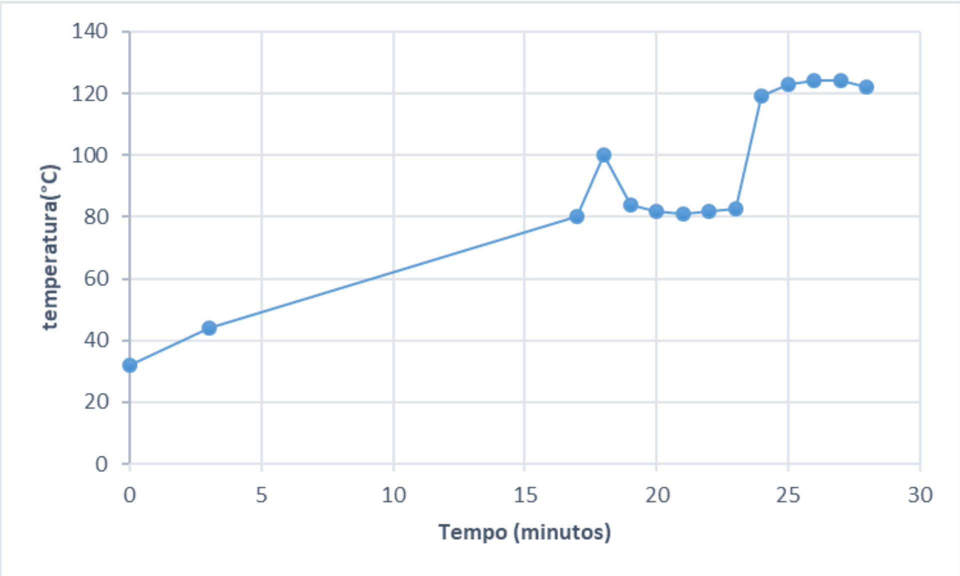
Foi feita a montagem dos tubos com diâmetros diferentes de maneira que fosse gerado um reservatório, usou-se parafusos e porcas para serem tampas e acopladores de válvula, um tubo de cobre como forma de direcionar os gases vaporizados de dentro do reservatório para serem queimados e manter a temperatura do cilindro, deixando assim a draga de ar autossuficiente no processo de combustão. Usa-se uma mistura de ar, álcool e/ou gasolina, dependendo do volume de gases combustíveis deslocados para dentro da câmara de combustão pode-se analisar o aumento do fluxo na saída. Todo o combustível vaporizado é posto para queima no interior do tubo menor e a pressão gerada na saída não se faz suficiente para gerar um empuxo pois o tubo é todo do mesmo diâmetro, não podendo assim gerar diferenças de pressões.

4. RESULTADOS

Após os testes, usando de 50 % álcool e 50 % gasolina, notou-se que o álcool se adequa melhor ao sistema de propulsão descrito no processo; pois o uso da gasolina pode aumentar o fluxo de gases para o interior do tubo onde acontece a combustão, aumentando o fluxo na saída, notou- se uma possível diminuição no tempo de ação com o uso da gasolina devido ao seu poder energético maior que deixou mais intensa a vaporização e a combustão dos seus vapores, foi notado também o

aparecimento de uma fuligem de cor escura devido aos aditivos e impurezas da gasolina. O álcool manteve o processo, um ritmo de combustão segura facilitando os testes, porém os testes. Alterando o calibre do furo de saída dos gases no tubo de cobre, também consegue-se diferentes pressões, porem deixando o fluxo no interior da draga em menor velocidade e aumentando a pressão interna no reservatório. Usando um termômetro digital tipo K, registrou-se o valor de 149°C no pico de sua temperatura, onde todo o liquido no interior do reservatório seguiram em um sentido único devido a posição do bico voltado para dento do tubo em direção a sua outra extremidade, e após o aquecimento do sistema a draga ela mantem a temperatura necessária para vaporizar o combustível, não precisando mais das chamas auxiliares.

Gráfico 1. Temperatura em função do tempo.



Fonte: Os Autores.

No gráfico 1 podemos ver no inicio do processo, onde o aumento da temperatura é mais lento, e logo após o aquecimento e vaporiração a temperatura se mantem constante, pois todo o caloresta sendo passado para o combustivel, e entao ao final do combustivel nota-se o subito aumento da temperatura pois não se tem mais combustivel para receber a temperatura e mudar de liquido para gasoso.

5. CONCLUSÃO

Após os testes foi notado que a ação do fluxo de ar, na saída da draga de ar, não foi suficiente para criar um empuxo na sua parte frontal, todas as forças envolvidas se anulam nas duas extremidades do tubo, pois os diâmetros iguais de entrada e saída,

não sendo capaz de criar uma força resultante que possa mover o conjunto, embora a velocidade do fluxo expelido seja aparentemente bastante elevada, a draga se torna incapaz de realizar qualquer trabalho so sentido de arrasto ou empuxo.

REFERÊNCIAS

Disponivel:http://www.pintocruz.pt/fotos/produtos/tuboferro_68288896653342f3a4f053.jpg Acesso: Agosto 2017.

Disponivel:http://mercadosimples.com/img/user_dirs/pontodasconexoes.financeiro/Formas%20Envio/canocobre38maior.jpg Acesso: Agosto 2017.

Disponivel: https://www.consigaspecas.com.br/3174-tm_thickbox_default/cotovelo-de-latao-18-npt-femea.jpg Acesso: Agosto 2017.

Disponivel: http://www.becogasmetal.com.br/REGULADOR%20GAS/76514- 13.JPG Acesso: Agosto 2017.

Disponivel: http://construcao.dicasenovidades.com.br/wp-content/gallery/parafusos-e-porcas/parafusos-e-porcas-17.jpg Acesso: Agosto 2017.

FONTE: elaborado pelo autor: Agosto 2017.

CAPÍTULO 17

STUDY OF INFLUENCE OF GRANULOMETRY OF CACTUS PEAR FORAGE (OPUNTIA FÍCUS) BARK BIOMASS ON REMOVAL OF ORGANIC CONTAMINANTS IN WATER BODIES BY DIFFERENTIAL BED ADSORPTION TECHNIQUE

Lenilde Mérgia Ribeiro Lima
Doutora
Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Luiz Grande, s/n - Bairro Frei Damião, CEP: 58540-000, Sumé/PB, Brasil
Email: lenilde.mergia@professor.ufcg.edu.br

Rainy Alves Sousa
Graduanda
Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Luiz Grande, s/n - Bairro Frei Damião, CEP: 58540-000, Sumé/PB – Brasil
Email: rainy_sousa@hotmail.com

Tácia Alves de Albuquerque
Graduanda
Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Luiz Grande, s/n - Bairro Frei Damião, CEP: 58540-000 – Sumé-PB – Brasil
Email: alvestacia@gmail.com

Isadora Guedes Farias
Graduanda
Universidade Federal de Campina Grande
Endereço: Rua Luiz Grande, s/n - Bairro Frei Damião – CEP: 58540-000 – Sumé-PB – Brasil
Email: isadoragfarias@gmail.com

Lígia Maria Ribeiro Lima
Doutora
Universidade Estadual de Campina Grande
Endereço: Rua Juvêncio Arruda, s/n – Campus Universitário – Bodocongó – CEP: 58109-790 – CampinaGrande/PB – Brasil
Email: ligiauepb@gmail.com

ABSTRACT: Petroleum exploration oil has caused accidents that end up contaminating environment. Adsorption process has been shown to be an effective and economical method in treatment of effluents with organic compounds. Use of biomass as adsorbent has been a potentially and economical alternative for treatment of various types of effluents. Therefore, objective of this work was to study influence of biomass granulometry in differential bed adsorption process, using as biosorbent cactus pear forage bark (Opuntia fícus), typical species of northeastern semiarid, to remove gasoline in water bodies. Methodology used was proposed by Lima et al. (2014).

Initially, biomass was prepared in particulate form in three different particle sizes (meshs 07, 10 and 18). Subsequently, experiments were performed to study adsorption kinetics, in which times from 05 to 60 minutes were evaluated and adsorption equilibrium, whose contaminant concentrations ranged from 5 to 60 %. For differential bed, concentrations of 5 %, 7.5 % and 10 % were used. Results confirmed that gasoline adsorption kinetics by biomass was fast in all granulometries, but its influence was not significant. Equilibriumiso therms also showed maximum adsorption capacity values close to each other for three particle sizes. In differential bed system, three different particle sizes presented significant adsorption capacity, and particle size, smaller than 1 mm resulted in higher contaminant adsorption. From results, it can be confirmed that cactus pear forage bark presents as an adsorbent biomass for removal gasoline present in water bodies and that small grain size variations do not significantly affect adsorption process.

KEYWORDS: Gasoline, cactus pear forage, differential bed, granulometry, adsorption

RESUMO: A exploração de petróleo tem causado acidentes que acabam contaminando o meio ambiente. O processo de adsorção tem se mostrado um método eficaz e econômico no tratamento de efluentes com compostos orgânicos. O uso de biomassa como adsorvente tem se mostrado uma alternativa potencialmente econômica para o tratamento de diversos tipos de efluentes. Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência da granulometria da biomassa no processo de adsorção diferencial em leito, utilizando como biossorvente a casca forrageira da palma forrageira (Opuntia fícus), espécie típica do semiárido nordestino, para remoção de gasolina em corpos d'água. A metodologia utilizadafoi proposta por Lima *et al.* (2014). Inicialmente, a biomassa foi preparada na forma particulada em três diferentes tamanhos de partículas (malhas 07, 10 e 18). Posteriormente, foram realizados experimentos para estudar a cinética de adsorção, nos quais foram avaliados os tempos de 05 a 60 minutos e o equilíbrio de adsorção, cujas concentrações do contaminante variaram de 5 a 60 %. Para leito diferencial, foram utilizadas concentrações de 5 %, 7,5 % e 10 %. Os resultados confirmaram quea cinética de adsorção da gasolina pela biomassa foi rápida em todas as granulometrias, mas sua influência não foi significativa. As isotermas de equilíbrio também mostraram valores de capacidade máxima de adsorção próximos uns dos outros para três tamanhos de partícula. No sistema de leito diferencial, três diferentes tamanhos de partícula apresentaram capacidade de adsorção significativa,e o tamanho de partícula menor que 1 mm resultou em maior adsorção de contaminante. A partir dosresultados, pode-se confirmar que a casca da forragem da palma forrageira apresenta-se como biomassa adsorvente para remoção da gasolina presente em corpos d'água e que pequenas variações no tamanho do grão não afetam significativamente o processo de adsorção.

PALAVRAS-CHAVE: Gasolina, forragem de palma forrageira, leito diferencial, granulometria, adsorção.

1. INTRODUCTION

Due to rapid economic development and intense industrial and commercial activity, environment has been constantly harmed, mainly by water pollution from petroleum-derived hydrocarbons (PEREIRA; FREIRE, 2005) (TIBURTIUS; ZAMORA, 2004).

According to Costa *et al.* (2010), in recent years society's concern about preserving environment has greatly increased. Water pollution caused by neglect in treatment of its tailings or by increasingly frequent accidents, which end up throwing many pollutants into aquatic environments is a matter of concern, being essential survey of quality conditions and treatment of industrial effluents (SOUZA; LIMA; SILVA, 2011).

Petroleum industry is one of most important sources of energy and environmental pollution. Petroleum is composed of complex mixtures of hydrocarbons of various molecular weights and structures ranging from a light gas (methane) to a heavy solid (ALEIXO; TACHIBANA; CASAGRANDE, 2007).

Some of hydrocarbons that most contribute to pollution of aquifers are those that make up gasoline disposed of in water bodies.

Due to these environmental implications, new technologies have been researched for degradation or immobilization of these compounds. Thus, development of alternative wastewater treatment methods that combine ever-lower rates of toxic substances and low cost is of utmost importance (PERIN *et al.*, 2006).

Adsorption process has been shown to be an effective and economical method in treatment of effluents with organic pollutants, being necessary to search for low cost materials to be used industrially. Success of adsorption as a separation process depends on the choice of adsorbent material and optimization of process variables (LIMA, 2010). Materials used in adsorption of organicpollutants are diverse and can be minerals, synthetic organics and natural organics of animal or vegetable origin (RIBEIRO; GROSSI; AMARAL; RUBIO, 2000).

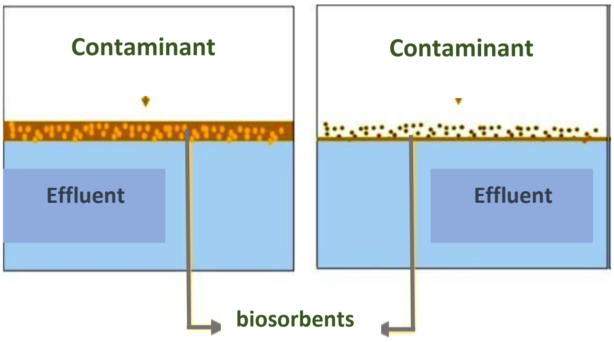
Many agricultural wastes and different biomasses have been applied as adsorbents, evaluatingthe performance of the adsorption process as coffee powder, eggshells and limestone peel (CARNEIRO *et al.*, 2019).

Adsorption is based on principle that a solid surface, in contact with a fluid, tends to accumulatea surface layer of solute molecules due to imbalance of existing surface

forces. Adsorption phenomenon is closely linked to the surface tension of solutions and its intensity depends on temperature, nature and concentration of adsorbed substance (adsorbate), nature and state of aggregation of adsorbent (finely divided solid) and fluid in contact with adsorbent (CAMPOS *et al.*, 2012). Generally these solids have porous particles and larger their outer surface more favorable for adsorption (RUTHVEN, 1984).

Differential bed adsorption system is a recent technique, which consists in removing contaminants from an effluent by means of a thin layer of biosorbents in contact with effluent proposed by (SOUZA; LIMA; SILVA, 2011), illustrated in Figure 1.

Fig. 1. Representative scheme of differential bed.



When it comes to northeastern semiarid, there is a variety of biomass that can be obtained fromits typical vegetation (WANDERLEY *et al.*, 2002). Among varieties found in Paraiba's semiarid, cactus pear forage (*Opuntia ficus*) is a biomass alternative for use as an adsorbent of hydrogen carbon contaminants in water bodies.

Among alternatives for water decontamination through adsorption, using Differential Bed Adsorption Process (SOUZA; LIMA; SILVA, 2011) in purification of water bodies using biomass from native plants of Northeast region as adsorbent.

Thus, combination of available biomass and low cost adsorption process may be of great importance to Paraíba's cariri population.

Due to irregular distribution of rainfall in the northeastern semi-arid region, caatinga is an important forage resource. A great potential existing in region is cactus pear forage, which, due to its morpho physiological characteristics, is a plant adapted to conditions of semi-arid. Its chemical composition varies according to species and time of year (WANDERLEY *et al.*, 2002).

It is estimated that today there are about 500 thousand hectares of forage palm

in the Northeast, with much of this amount concentrated in states of Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Rio Grande do Norte and Bahia. In Brazil, two cactus pear forage species have grown on a large scale: *Opuntia fícus* e *Nopalea cochenillifera* (WANDERLEY *et al.*, 2002).

The fact that cactus pear forage is a plant easily found in semi-arid regions makes it a species of interest in research where an easy to acquire and persistent biomass is needed even in times of severe drought, as confirmed by Lima *et al.*, 2019.

1.1 GRANULOMETRIC ANALYSIS

Granulometric analysis can be defined as particle size distribution of a given aggregate and is usually expressed in terms of accumulated percentages of retained or passing fractions in a given series of sieve openings, or of percentages between certain openings intervals (WEIDMANN, 2008).

According to Levine, Tchobanoglous and Asano (1985), adsorption processes is influenced by particle size distribution, so that in solid-liquid separation operations or processes, knowledge of particle size distribution can contribute to choice and refinement of treatment technologies and to adoption of appropriate operating procedures.

Thus, testing different particle size of adsorbent biomasses in adsorption processes is important in order to determine optimal particle size to increase contaminant removal efficiency.

2. MATERIALS AND METHODS

Methodology used followed procedure performed by Lima *et al.* (2014), which used mandacaru (*Cereus jamacaruna*) in particulate form to remove gasoline/diesel oil mixture using adsorption process.

First stage of research consisted of preparation of biomass in particulate form. Cactus pear forage rackets were peeled and barks were subjected to natural drying. After drying, barks were ground with aid of mortar to obtain biomass in smaller pieces. Subsequently, for homogenization of particle size were used sieves with orifice diameter of 2.83; 2.00 and 1 mm with aid of a vibrating base. To study influence of

particle size, samples with a mean diameter of 1.5 and 1 mm and a diameter smaller than 1 mm were obtained.

In second stage, experiments were performed to adsorption kinetics studies, in which 12 Erlenmeyer flasks were used, containing 40 mL of water and 12 mL of gasoline and placed on a shaker table, under agitation at 130 rpm, with variation in 5 to 60 minutes at intervals of 5 minute, with 1.2 g of biosorbent added to solution.

After each stirring time, samples were subjected to filtration using a standard sieve so that particulate cactus pear forage remained retained in the filter medium, while liquid phase flowed. Then, with aid of 50 and 100 mL graduated cylinder, a volumetric analysis of sample was performed at the end of contact time between adsorbent and adsorbate, in order to determine volume of adsorbed gasoline.

For equilibrium study, which consisted of third stage of work, adsorption isotherms were obtained. Experiments were carried out on a shaking table at 130 rpm, in which 12 erlenmeyer flasks containing a fixed amount of 1.2 grams of particulate biomass and water contaminated with gasoline were placed, varying initial concentration from 5 to 60 % contaminant, with a 5 % variation. Subsequently, pollutants and water measurements were performed using measuring cylinders of 50 and 100 mL. Erlenmeyers flasks were stirred for 60 minutes on a shaker table and then each sample was filtered for final contaminant concentration.

Differential bed adsorption process was initiated by addition of 4000 mL (4 L) of heterogeneous gasoline/water mixture to rectangular glass container, according to methodology developed by [15]. Subsequently, powdered cactus pear forage was added to aluminum screen and thus superimposed in differential bed, so that biomass and gasoline/water mixture were in direct contact, remaining for established contact times (Figure 5). At the end of contact times, aluminum net systemwas removed to separate liquid phase from biomass and thus analyzed adsorbed amount of gasoline adsorbent in relation to adsorbate by volumetric analysis with measuring cylinder.

Experiments were performed in triplicate, with gasoline percentages of 5 %, 7.5 % and 10 %.

3. RESULTS AND DISCUSSION

From data obtained in experiments, which were performed considering three different granulometry, kinetics and adsorption equilibrium curves were constructed, as

well as for differentialbed, in order to evaluate influence of biomass granulometry in adsorption process.

3.1 BIOMASS CARACTERIZATION

Biomass characterization was performed with aid of Tyler series sieves in three different particle sizes (meshs 07, 10 and 18) using a vibrating table.

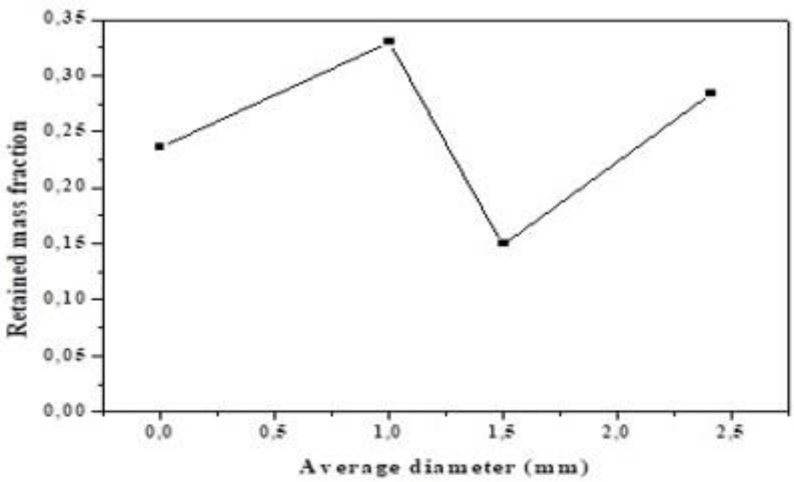
Table 1 presents results of retained fractions (Δϕi) and retained cumulative fraction (ϕi) of sample in sieves. Total mass of biomass that underwent screening process was 1185.48 grams.

Table 1. Biomass characterization in different grain sizes.

Sieve	Opening mesh	Fraction	Di	ΔΦi	Φi
7	2,83	7/10	2,415	0,284	0,284
10	2,00	10/18	1,500	0,145	0,434
18	1,00	18/pan	1,000	0,330	0,764
Pan	1,00	>pan	0,000	0,236	1,000

In addition, for differential particle size analysis, relationship between retained fractions and sieve average diameters was constructed, as shown in Figure 2.

Fig. 2. Differential particle size analysis of cactus pear forage biomass.

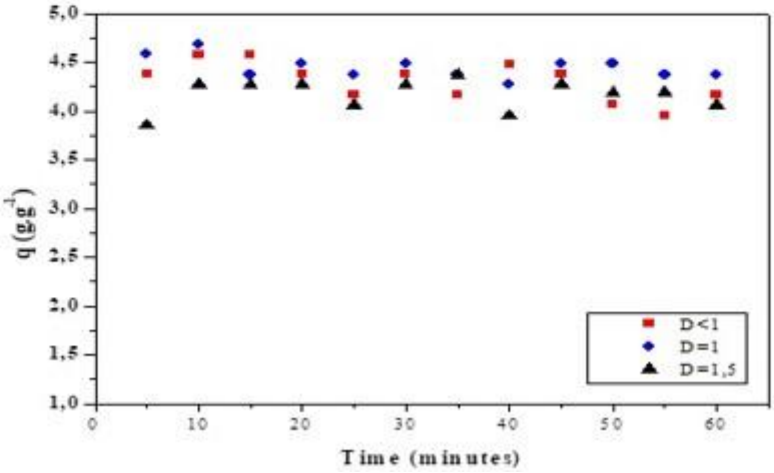


As can be seen in Figure 2, average diameters equal to 2.415 and 1.0 mm obtained largest retained fractions of biomass. However, for present study average diameters studied were 1.5, 1 andless than 1 mm, since Nascimento *et al.* (2014) reported that adsorption intensity is proportional to specific surface area, since adsorption is a surface phenomenon. For larger particles, diffusion resistance is lower and much of internal surface of particle is not available for adsorption.

3.2 ADSORPTION KINETIC

Curves obtained for amount of gasoline adsorbed in process per gram of biomass in relation totime for three particle sizes are shown in Figure 3.

Fig. 3. Adsorption kinetics curves for water/gasoline/biomass system in three different particle sizes.



Evaluating Figure 3, it can be stated that gasoline adsorption kinetics by biomass was fast in different particle sizes, starting from 05 minutes, showing small variations in pollutant removal.

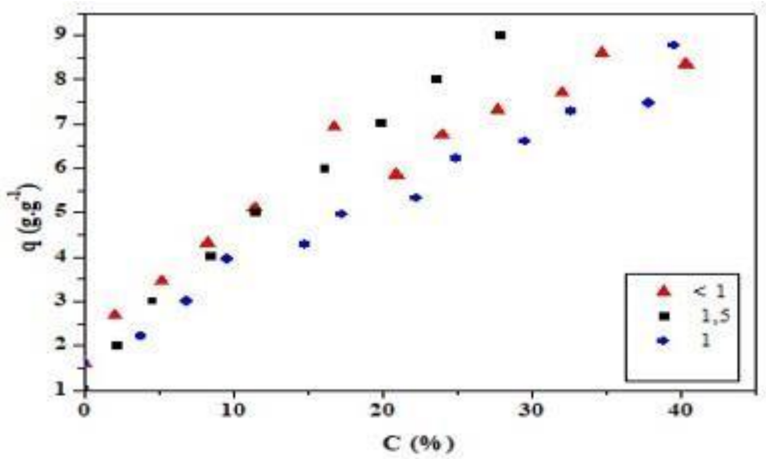
It can be affirmed that influence of granulometry on adsorption kinetics was not significant, presenting similar values, with largest amounts adsorbed in time of 10 minutes for particles of 1.5, 1and less than 1 mm of 4.27 $g.g^{-1}$, 4.69 $g.g^{-1}$ and 4.58 $g.g^{-1}$, respectively.

However, it is observed that particles with larger diameter, that is, equal to 1.5 mm, presented lower adsorptive capacity when compared to particles with smaller diameter.

3.3 ADSORPION EQUILIBRIUM

Figure 4 illustrates results obtained for adsorption isotherms in three different particle sizes studied.

Fig. 4. Adsorption equilibrium curves for water/gasoline/biomass system in three different particle sizes.



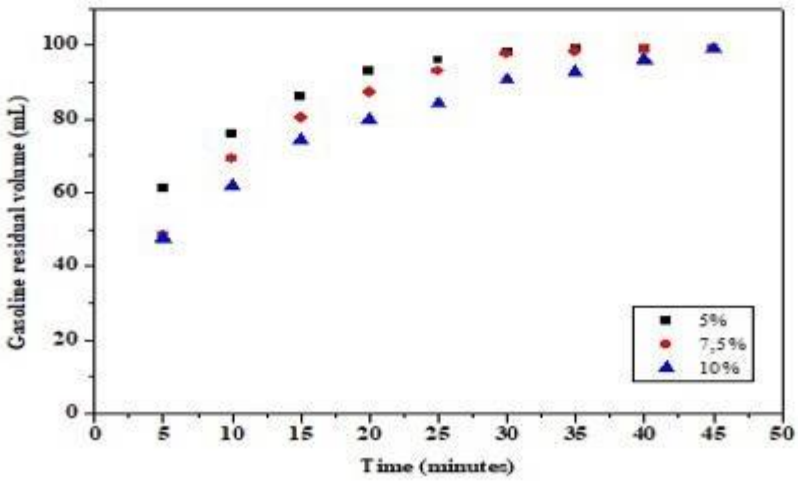
Regarding adsorption equilibrium, as can be seen in Figure 8, influence of granulometry was similar to study of adsorption kinetics, presenting a not very significant variation. Maximum adsorption capacities were 8.80 $g.g^{-1}$, 8.77 $g.g^{-1}$ and 8.36 $g.g^{-1}$ for particles with an average diameterof 1.5 mm, 1 mm and less than 1 mm, respectively.

3.4 DIFFERENTIAL BED

Figures 5, 6 and 7 show results of residual gasoline volumes in relation to contact time with biomass, varying concentration of contaminant, in a differential bed system.

Figure 5 shows kinetic curves for 1.5 mm particle size and Figures 10 and 11 for 1 mm and lessthan 1 mm particle size, respectively.

Fig. 5. Adsorption kinetics curve for contaminant concentrations of 5 %, 7,5 % and 10 % at 1.5 mm particle size.

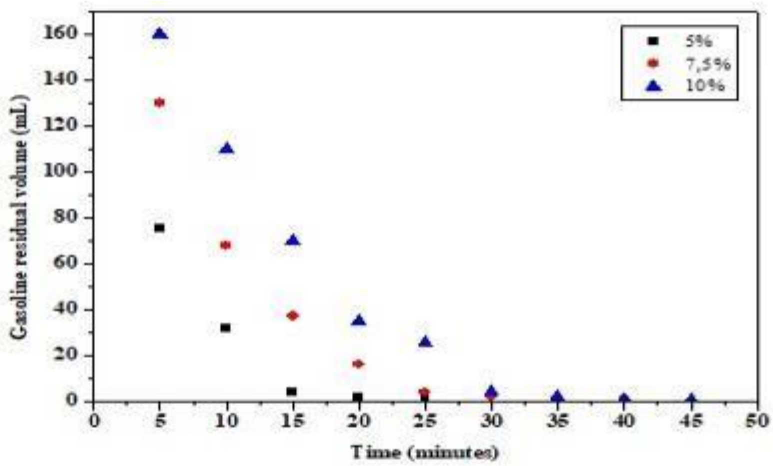


As can be seen in Figure 5, differential bed adsorption system was effective for studied concentrations, showing a reduction in gasoline volume in first five minutes of contact with biomass diameter of 1.5 mm.

At a contaminant concentration of 5% a residual gasoline volume of only 2 mL was obtained after a time of 35 minutes. At a concentration of 7.5 %, lowest residual volume of 2 mL of contaminantwas reached, however, requiring a longer contact time with biomass of 45 minutes. Finally, for highest concentration of gasoline, equal to 10 % of gasoline, a residual volume of 4 mL was obtainedafter 40 minutes of contact.

Given this, it is possible to observe that with increase of pollutant concentration, a longer contact time is necessary to obtain lower residual values.

Fig. 6. Adsorption kinetics curve for contaminant concentrations of 5%, 7.5% and 10 % at 1.0 mm particle size.

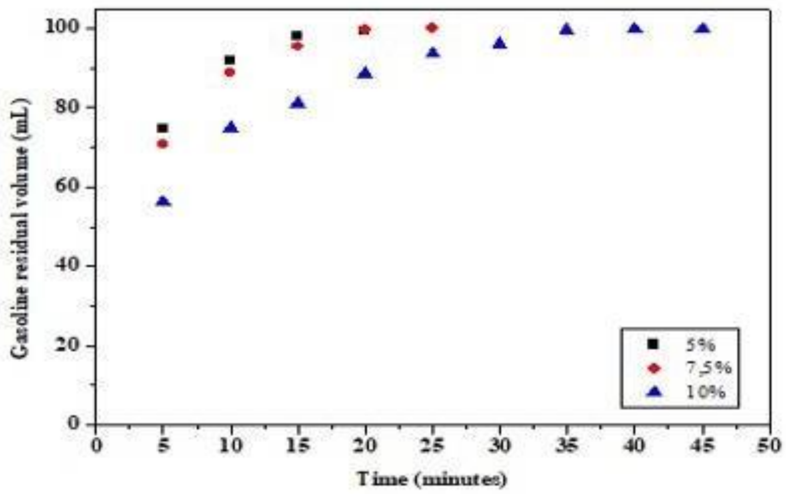


Analyzing Figure 6, which shows differential bed adsorption data using particles

with diameterof 1mm, it can be seen that adsorption was fast, starting from 5 minutes of contact. For pollutant concentration equal to 5 %, residual volume of only 1 mL was obtained after 25 minutes of contact time, not adsorbing all contaminant due to biomass saturation. Observing for 7.5 % concentration, same residual volume value was obtained, equal to 1 mL, but due to higher concentration, a longer contact time was required of 40 minutes.

When concentration analyzed was 10 %, it required 40 minutes of contact with biomass to obtain residual volume of gasoline equal to 1 mL, which remained constant at 45 minutes, possibly due to all pores of biomass have been filled with contaminant.

Fig. 7. Adsorption kinetics curve for contaminant concentrations of 5 %, 7.5 % and 10 % at particle size less than 1.0 mm.



Examining for pollutant concentrations of 5 and 7.5 %, it can be observed that there was no residual volume of gasoline, that is, total adsorption after 25 minutes of contact with adsorbent biomass occurred. For 10 % concentration, residual volume was only 0.5 mL of gasoline after 45 minutes of contact.

Based on Figures 5, 6 and 7, it can be stated that three different particle sizes were significantlyefficient for use in differential bed adsorption process, and particle size smaller than 1 mm was most satisfactory, showing a total adsorption of contaminant at concentrations below 7.5 % of gasoline andsmall residual fuel volume for higher concentration of pollutant present in differential bed.

4. CONCLUSIONS

According to results obtained, it can be stated that cactus pear forage bark biomass presents asan adsorbent with great potential for removal of gasoline present in water bodies, in view of being an economically viable alternative and easy to obtaining in the Northeast region.

After obtaining biomass in the three different particle sizes and study of its influence on adsorption process, it can be concluded that on adsorption kinetics and equilibrium studies, results showed that there was no significant influence, presenting values close to each other.

In studies using differential bed adsorption system, three different particle sizes were efficient for use in process under study, and particle size smaller than 1 mm was most satisfactory.

It is of great importance to follow studies using differential bed adsorption system, as it hasproved to be very effective in treating effluents contaminated by gasoline.

ACKNOWLEDGEMENTS

To PIBIC/CNPq-UFCG program for promoting research.

REFERENCES

ALEIXO, L. A. G.; TACHIBANA, T.-I.; CASAGRANDE, D. Poluição por óleo – Formas de introdução de petróleo e derivados no ambiente, **Integração**, Abr./Mai./Jun., Ano XIII, n. 49, p. 159-166, 2007.

CAMPOS, W. K. S.; BUARQUE, F. S.; MACÊDO JÚNIOR, R. O.; SILVA, D. P.; RUZENE, D. S. Estudo sobre as principais tecnologias para tratamento da água produzida, Engenharia de Petróleo, **Cadernos de graduação – Ciências exatas e tecnológicas**, 2316 – 3135, v. 1, n. 15, p. 141-152, out.2012.

CARNEIRO, M. S. P; MEGALE, E. Z.; CATUNDA JUNIOR, F. E. A; MENDES, M. F. Evaluation of the rubber seed shell (hevea brasiliensis) as an adsorbent: kinetic study, **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 22854-22860, nov. 2019.

COSTA, E. C.; BARBOSA, C. D. A. E. S.; MACHADO, J. A.; GARCIA, C. A. B. Estudo comparativo de adsorção do corante preto s*ulphcolor* utilizando o carvão ativo convencional com o bagaço da cana-de-açúcar i*n natura* e tratada quimicamente. **Scientia Plena**, v. 6, n. 12, 2010.

LEVINE, A. D.; TCHOBANOGLOUS, G.; ASANO, T. Characterization of the size distribution of contaminants in wastewater: treatment and reuse implications. **J. Wat. Pollut. Control Fed.**, v. 57, n. 07, p. 805-816, 1985.

LIMA, L. M. R. **Estudo da ampliação de escala na adsorção de contaminantes orgânicos presentes em efluentes aquosos mediante leito fixo de biomassa**, Tese (Doutorado), UFCG, 2010.

LIMA, L. M. R.; COSTA, K. J. B.; OLIVEIRA, E. D. C.; OLIVEIRA, E. K. G.; SANTOS, T. C.; SILVA, V. L. M. M. **Utilização do mandacaru (*Cereus jamacaru*) como biomassa adsorvente de gasolina presente em corpos d'água**, X Encontro Brasileiro sobre Adsorção, Guarujá–SP, 2014.

LIMA, L. M. R.; SILVA, J. L. B. C. da; CAVALCANTE, L. E., FEITOZA, E. D. A.; LIMA, L. M. R. Evaluation of adsortive power of cactus pear forage without peel for use in removal of common gasoline in water bodies, **The Journal of Engineering and Exact Science-JCEC**, Vol. 05, n. 01, 2019.

NASCIMENTO, R. F; LIMA, A. C. A; VIDAL, C. B.; MELO, D. Q.; RAULINO, G. S. C. **Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais**. 1ed. Fortaleza-CE. Imprensa Universitária, 2014.

PEREIRA, W. S.; FREIRE, R. S. Ferro zero: uma nova abordagem para o tratamento de águas contaminadas com compostos orgânicos poluentes. **Quim. Nova**. São Paulo. Vol. 28, Nº. 1, p. 130- 136, 2005.

PERIN, P.; PIVA, J. D.; BARROS, S. T. D.; SANTOS, O. A. A. **Remoção do corante reativo azul pela adsorção em carvão ativado**. Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual deMaringá - PR, 2006.

RIBEIRO, T. H.; GROSSI, L.; AMARAL, S.; RUBIO, J. **Sorção de Compostos Orgânicos pela Biomassa Seca da *Salvínia sp.* (RS)**. II Encontro Brasileiro de Adsorção – II EBA, Florianópolis – Santa Catarina, p. 383-393, 2000.

RUTHVEN, D. M. **Principles of Adsorption and Adsorption Process**. New York: John

Wiley & Sons, 1984.

SOUZA, R. S.; LIMA, L. M. R. L.; SILVA, V. L. M. de M. Adsorção de óleo diesel em sistema de leito diferencial com biomassa bagaço de cana-de-açúcar, **Revista Eletrônica de Materiais e Processos** / ISSN 1809-8797, 2011.

TIBURTIUS, E. R. L.; ZAMORA, P. P. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. **Quim. Nova**. Curitiba. Vol. 27, Nº 3, p. 441-446, 2004.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. de A.; ANDRADE, D. K. B.; VÉRAS, A. S. C.; FARIAS, I.; LIMA, L. E.; DIAS, A. M. de A. Palma Forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em Substituição à Silagem de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) na Alimentação de Vacas Leiteiras, **R. Bras. Zootec**., v. 31, n. 1, p. 273-281, 2002.

WEIDMANN, D. F. **Contribuição ao estudo da influência da forma e da composição granulométrica de agregados miúdos de britagem nas propriedades do concreto de cimento Portland**, Dissertação (Mestrado), 295 pp., Florianópolis-SC, 2008.

CAPÍTULO 18

REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS PARA FINS DE OPERAÇÃO DE TORRES DE RESFRIAMENTO

Daniela Moraes da Costa
Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Tucuruí
Instituição: IFPA
Endereço: Av Gov Aloisio Chaves, 127, Nova Tucuruí, Tucuruí - PA
E-mail: danielamooraes@gmail.com

Jhully Laiane Souza da Silva
Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Tucuruí
Instituição: IFPA
Endereço: Ala 5, Quadra 13, Número 71, Tucuruí - PA
E-mail: jhullylaianes@gmail.com

Monique Sandra Oliveira Dias Barreto
Mestre em Engenharia Civil /Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal do Pará
Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará e Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Instituição: UFPA e IFPA
Endereço: Campus Institucional – Av. Brasília, s/n. - Vila Permanente - CEP: 68.464-000 - Tucuruí – Pará – Brasil
E-mail: monique.barreto@ifpa.edu.br

Gilberto Caldeira Barreto
Doutor em Engenharia dos Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará
Mestre em Engenharia Civil /Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal do Pará
Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará e Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Instituição: UFPA e IFPA
Endereço: Campus Institucional – Av. Brasília, s/n. - Vila Permanente - CEP: 68.464-000 - Tucuruí – Pará – Brasil
E-mail: gilberto.barreto@ifpa.edu.br

RESUMO: A busca pela redução do consumo de água é uma das principais metas das indústrias que dependem de grandes volumes desse recurso natural em seu processo produtivo como, por exemplo, no uso em torres de resfriamento. Em contrapartida, a prática de reúso de água torna-se ferramenta na gestão hídrica, além de requerer à adoção de novas tecnologias e estratégias alternativas para a otimização desse recurso natural. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi evidenciar a prática de reúso de efluente tratado para fim de reposição em resfriamento de torres. Para isso, foi realizado levantamento teórico a respeito do tema reúso de águas e sistemas de resfriamento.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso, Efluente Tratado, Torres de Resfriamento.

ABSTRACT: The quest for reducing water consumption is one of the main goals of industries that depend on large volumes of this natural resource in their production process, such as in cooling tower use. On the other hand, the practice of water reuse becomes a tool in water management, besides requiring the adoption of new technologies and alternative strategies to optimize this natural resource. Thus, the objective of this study was to demonstrate the practice of reuse of treated effluent for replacement in tower cooling. For this, a theoretical survey was made regarding the theme of water reuse and cooling systems.

KEYWORDS: Reuse, Treated effluent, Cooling towers.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil detém 77 % do manancial de água doce da América do Sul e 11,6 % da reserva do mundo. Esses números mostram que este é um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água. No entanto, sua distribuição não é uniforme em todo o território nacional, pois 70 % desse total estão localizadas na Região Amazônica (CONFEA**,** 2015).

Neste sentido, o reúso de água surge como uma alternativa interessante, tanto no sentido de minimizar sua utilização como no de reduzir a carga poluente. Além disso, com a implementação dos mecanismos de outorga e cobrança pela utilização dos recursos hídricos no Brasil (BRASIL, 1997), o reúso de efluentes nas indústrias passou a ser sinônimo de ganhos econômicos diretos, além de ser responsável por uma melhoria na imagem das empresas (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Nascimento (2004) ressalta que, as indústrias, de modo geral, têm buscado eliminar o desperdício, avaliando e desenvolvendo tecnologias que racionalizem o consumo de água. Para Morelli (2005), o crescente consumo de água tem feito do reúso planejado uma necessidade primordial. Essa Prática deve ser considerada parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional da água, o qual inclui também, o controle de perdas, redução do consumo de água e a minimização da geração de efluentes.

O reúso de efluente industrial já ocorre em vários lugares, através da aplicação em sistema de produção de água quente ou vapor, alimentação de caldeiras, resfriamento, água de processos sanitários, lavagem de tanques e de peças, lavagem de gases e chaminés (TELLES; COSTA, 2007).

Uma das alternativas para o reúso industrial é o uso de efluentes tratados como água de reposição em torres de resfriamento. Os sistemas de tratamento para reúso em unidades de resfriamento semiabertos são relativamente simples. Este tipo de reúso é relativamente fácil e praticado em muitos locais nos EUA; os Estados da Califórnia, Arizona, Texas, Flórida e Nevada possuem as maiores unidades industriais que utilizam água de reuso (METCALF e EDDY, 1991; EPA, 2004).

Os sistemas de resfriamento constituem a maior demanda de água da indústria e geralmente não requerem água de alta qualidade. Os sistemas de reúso utilizam técnicas tradicionais de tratamento de água e tecnologias mais avançadas, em arranjos variados, que dependem das qualidades do efluente a ser tratado e da

qualidade desejada para o reúso (CARVALHO e MACHADO, 2010).

A adoção da estratégia de reúso industrial da água no Brasil vem ganhando força principalmente devido à cobrança pelo uso da água e seus efluentes lançados e pelo comprometimento socioambiental através do uso racional para o controle de perdas e desperdícios da água.

Nesse sentido, tem-se observado uma proliferação de pesquisas e relatos apontando para as iniciativas bem-sucedidas de reúso da água no setor industrial (WEBER *et al* 2010; BORDONALLI, MENDES, 2009; BONA *et al.,* 2008), onde no Brasil são utilizados os padrões de qualidade definidos nas normas regulatórias para a hipótese do reúso como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

Face ao contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo geral o estudo do reuso de efluentes de estação de tratamento de esgotos como alternativa para operação em sistemas de resfriamento.

2. REVISÃO E DISCUSSÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos hierarquiza os usos predominantes da água em território brasileiro, dentre os quais o abastecimento público possui a maior importância. Para Hespanhol e Gonçalves (2004), é de fundamental relevância o desenvolvimento de tecnologias e estratégias alternativas que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos. Bernardi (2003) ressalta que por meio do reúso da água, sob o ponto de vista estritamente econômico, que esse mecanismo é a melhor resposta que a sociedade pode oferecer no momento para a questão da escassez da água.

Por estas razões o conceito de substituição de fontes, segundo Hespanhol (2003), surge como uma opção adequada para o atendimento das demandas que não necessitam de água potável. Assim sendo, é possível substituir as fontes de água em aplicações menos exigentes.

Legner (2013) afirma que o uso de águas residuárias contribui para a geração e redução de custosincentivando o uso racional da água. Principalmente por preservar água potável com vistas ao atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade, como para o abastecimento humano, além de reduzir o volume de esgoto descartado.

Água de reúso, segundo o artigo 2º da Resolução CNRH nº 54/2005, é qualquer

água residuária dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. Tal qual pode ser recuperada e reusada para diversos fins benéficos. Sendo que conforme sua qualidade e o objeto específico do reúso são estabelecidos níveis de tratamento, critérios de segurança a serem adotados e oscustos de capital e de operação e manutenção associados (HESPANHOL, 2008).

A prática de reúso de água é uma ação de impacto mundial, em virtude disso a WHO (1973) classifica os tipos de reúso em diferentes modalidades, conforme seus usos e finalidades como mostra o quadro 1.

Quadro 1: Formas de Reuso de Água.

FORMAS DE REÚSO	
Reúso indireto	Ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída.
Reúso direto	E o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável.
Reúso potável direto	Ocorre quando o esgoto recuperado, através de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
Reúso potável indireto	O esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilização como água potável.
Reciclagem interna	E o reúso da água internamente as instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição. É constituído por um sistema em ciclo fechado onde a reposição de água de outra fonte deve-se às perdas e ao consumo de água para manutenção dos processos e operações de tratamento.

Fonte: Adaptada de WHO, 1973.

Hespanhol (2002) classifica o reúso direto planejado para fins não potáveis, em modalidades de uso: agrícolas, industriais, recreacionais, domésticos, manutenção de vazões, aquicultura e recarga de aquíferos subterrâneos.

3. REÚSO NA INDÚSTRIA

De acordo com Hespanhol (2002), a prática do reúso de água em sistemas industriais pode ocorrerem atividade de refrigeração, alimentação de caldeiras, água de processamento, irrigação de áreas verdese lavagens de pisos. Tal prática permite que um volume maior de água permaneça disponível para outros usos e, em certas condições, pode-se reduzir a poluição hídrica por meio da minimização da descarga de efluentes, além de possibilitar redução dos custos com captação e tratamento de

águas e efluentes (FIESP, CIESP, ANA, 2004; HESPANHOL *et al*., 2006).

Andrade (2014) acrescenta que o reúso industrial abrange processos, utilidades e operações e dentro desta concepção, muitas atividades industriais reutilizam água nas instalações de refrigeração como nas torres de resfriamento onde tais equipamentos consomem uma quantidade considerável de água.

4. TORRES DE RESFRIAMENTO

As torres de resfriamento são equipamentos utilizados para o resfriamento de água industrial, que após passar por trocadores de calor necessitam de redução da temperatura para retornar ao processo (ZEN, 2013), por meio de sistemas. De acordo com Mancuso (2001) existem três tipos de sistemas de resfriamento por água: sistemas de circuito aberto, sistemas de circuito semiaberto e sistemas de circuito fechado, conforme apresentado no quadro 2.

Quadro 2: Tipos de Sistemas de Resfriamento.

TIPOS DE SISTEMAS	
Sistemas de Circuito Aberto	Não há circulação de água, a água aquecida é descartada na mesma medida em que é substituída por água fria captada de um manancial.
Sistemas de Circuito Semiaberto	A água aquecida é reutilizada depois de ser resfriada nas torres de resfriamento ou sistemas evaporativos. Neste sistema há descarte de água aquecida para evitar o acúmulo de material indesejável na superfície de troca de calor.
Sistemas de Circuito Fechado	A água aquecida é reutilizada após ser resfriada em sistemas não evaporativos, nestes sistemas não apresentam perdas significativas de água.

Fonte: Adaptado de Mancuso, 2001.

A eficiência de uma torre de resfriamento está em torno de 85 a 95 % e as perdas de água pelo arraste pairam entre 0,01 e 0,3 % da vazão de recirculação (MANCUSO, 2001). De acordo com Mirre (2012), o bom desempenho das torres de resfriamento está relacionado a critérios de segurança operacional afetados pela concentração de substâncias presentes na água utilizada no processo. Os principais problemas observados nos sistemas de resfriamento são: incrustações, corrosões, crescimento microbiológico e formação de espuma.

A aplicação de cada tipo de resfriamento dependerá de alguns condicionantes como: tipo de processo, temperatura da água, qualidade da água, disponibilidade de água, custo da água e limitações ambientais para descarte de efluente, entre outros

(MACHADO, 2004). Além disso, cada sistema apresenta suas vantagens e desvantagem como mostra o quadro 3.

Quadro 3: Vantagens e desvantagem dos diferentes tipos de sistemas de resfriamento.

SISTEMAS	VANTAGENS	DESVANTAGEM
Sistemas Abertos	• Sistema não evaporativo; • Não tem contato com o fluido refrigerante; • Pouca perda de água.	• Necessidade de um manancial próximo do empreendimento; • Necessidade de tratamento da corrosão e incrustação; • Poluição térmica; Necessidade de utilização de equipamentos e tubulações constituídos de materiais metálicos mais resistentes à corrosão e *fouling* biológico.
Sistemas de Circuito Semiaberto	• Possibilita um tratamento adequado contra corrosão, incrustações; • Permite tomar medidas como: clarificação da água de alimentação, uso econômico de inibidores de corrosão e agentes dispersantes e controle microbiológico rígido; • Utilização de equipamentos e tubulações constituídos de materiais mais baratos sem severas exigências de resistência à corrosão;	• Recomendado quando se requer grande vazão de água; • Necessidade de tratamento da água; • Grande concentração de sólidos dissolvidos; • Risco de corrosão e depósitos; • Propicio ao crescimento microbiológico;
Sistemas Fechados	• Sistema não evaporativo; • Não tem contato com o fluido refrigerante; • O ciclo de concentração se mantém praticamente constante; • Pouca perda de água; • Pouca reposição de produtos químicos para tratamento da água; • Não necessita de purgas para ajustar as concentrações salinas e em consequência também; • Poucos problemas de depósitos e incrustações; • Inibição de processos de crescimento biológicos devido ao fato de não haver contato com o ar.	• Processos de pequena capacidade; • Presença da bactéria *nitrobacterwinogradsky* em alguns sistemas tratados à base de nitrito;

Fonte: Adaptado de Machado, 2004.

De acordo Hespanhol (2002), em sistemas de resfriamento há uma demanda de água não potável industrial de apenas 17 % e considera uma grande vantagem, pois essa água requer uma qualidade inferior independentemente do tipo de indústria.

Sendo viável o reuso de efluente em sistemas aberto, pós tratamento por sistema de membranas osmose inversa, com a possibilidade de redução da captação de água

superficial (CARVALHO e MACHADO, 2010). Em sistemas semiabertos o processo é relativamente simples, uma vez que o mesmo pode produzir efluentes capazes de evitar corrosão ou formação de depósitos, crescimento de microrganismos, formação excessiva de escuma de torres de resfriamento. Em sistemas fechados, o reúso integral é viável tecnicamente por ser uma alternativa de redução dos custos de produção e prática elencada como ação de desenvolvimento sustentável (VIEIRA, 2011).

5. ASPECTOS LEGAIS

Apesar da grande demanda de água utilizada no setor industrial e a importância do reúso da mesma, não existe uma legislação nacional que especifica os padrões de qualidade necessários para o segmento de reúso (TOMAZ, 2002; MACHADO, 2004 e ANDRADE, 2014). Sendo assim, Fink e Santos (2002) ressaltam que são utilizados os padrões de qualidade e definidos nas normas regulatórias brasileiras para a hipótese do reúso como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

Referente às normas regulatórias nacionais vigentes, tem-se a Resolução N° 54 de 28 de novembro de 2005, pertencente ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, que regulamenta as modalidades, diretrizes e critérios a serem adotados quando do reúso direto não potável de água. Ao passo que o Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações, elaborado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 13.969/1997, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresentam padrões de qualidade necessários para alguns tipos de reúso de água não potáveis.

6. CONCLUSÃO

O reúso de efluente na operação de torres de resfriamento é uma sustentável, independente do sistema adotado. Porém, precisa ser uma prática planejada, uma vez que o tratamento do efluente deve estar alinhado a destinação do mesmo. E consequentemente, com a qualidade e concentração de substâncias que o resfriamento requer afim de prevenir ou reduzir os constantes problemas próprios das torres de resfriamento.

Além disso, o reúso para fins industriais, especificamente para o uso em torres

de resfriamento, substitui fontes superficiais e subterrâneas de captação de água, ação está fundamental frente a escassez hídrica vivida a nível mundial.

Todavia, o reúso no Brasil está longe de ser uma prática comum, em função de obstáculos a serem superados como: a insuficiência de normas e legislação específica para o assunto, à ineficiência no tratamento do esgoto, má gestão dos usos múltiplos e integrados dos recursos hídricos e baixo investimento em estudos científicos que colaborem com disseminação dessa prática de produção mais limpa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B.A.S. “Reuso de efluentes industriais gerados durante a produção de água purificada na Central de Tratamento de Água do Centro Tecnológico de Vacinas de Bio - Manguinhos/FIOCRUZ”. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Tecnologia em Fármacos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/xmlui/handle/icict/11626>. Acesso em: 14 mar. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. “NBR 13.969”: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, Construçãoe Operação. Rio de Janeiro, 1997.

BERNADI, C.C. “Reuso de Água para Irrigação”. Monografia (Pós-Graduação) – ISEA-FGV/ECOBUSSINESS SCHOOL. Brasília: Distrito Federal, 2003. Disponível em: <http://docplayer.com.br/660947-Reuso-de-agua-para-irrigacao-cristina-costa-bernardi.html>. Acessoem: 22 abr. 2018.

BONA, A.; GÖHRINGER, S.S.; AISSE, M.M. Uso do efluente sanitário na indústria cerâmica. “RevistaBrasileira de Recursos Hídricos”, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <http://132.248.9.34/hevila/Revistabrasileiraderecursoshidricos/2008/vol13/no1/15.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

BORDONALLI, A.C.O.; MENDES, C.G.N. Reuso de água em indústria de reciclagem de plástico tipoPEAD. “Engenharia Sanitária e Ambiental”, Rio de Janeiro, v.14, n.2, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n2/a11v14n2.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2018.

BRASIL. “Lei nº 9.433”, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

BRASIL. Senado Federal. “Resolução nº 54”, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e crité- rios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.

CARVALHO, D. D.; MACHADO, B. J. F. “Reuso de efluentes em torres de resfriamento - estudo conceitual: Aeroporto Internacional”. Rio de Janeiro: Maringá, v. 32, n. 3, 2010. Disponível em: <http://ojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/865/865>. Acesso em: 24 de abr. 2018.

CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia: Dia Mundial da Água merece revisão de posturas individuais e coletivas. Brasília, 18 de março de 2015. Disponível em: <http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=19816&sid=10>. Acesso em: 26 de abr.2018. EPA - Environmental Protection Agency. “Guidelines for water reuse”. Washington, D.C., 2004.

FIESP, CIESP, ANA. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; CENTRODAS INDÚSTRIAS DO ESTÃO DE SÃO PAULO, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. “Conservação e reuso de água: manual de orientações para o setor industrial”. São Paulo: FIESP, 2004. v.1. Disponível em: <file:///E:/ESCOLA/6%20semestre/reuso %20yeda/trabalho%20do%20artigo/Potencialidades%20do

%20reuso%20de%20%C3%A1gua%20nas%20industrias/Conserva%C3%A7%C3%A3o-e-re%C3%BAso-de-%C3%A1gua-Manual-de-orienta%C3%A7%C3%B5es-para-o-setor-industrial1.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2018.

FINK, D.R.; SANTOS, H. F. “A legislação de reúso da água”. Capítulo 8. In: Reurso de água. P.C. S.MANCUSO; H. F. SANTOS (Editores). Barueri, São Paulo: Manole, 2003.

GONÇALVES, O.; HESPANHOL, I. “Conservação e reuso de água: Manual de orientação para o setorindustrial”. São Paulo: CIRRA/MMA/ANA/FIESP, 2004.

HESPANHOL, I. “Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, dez. 2002. ed. Comemorativa, v.7, n.4.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Município e Recarga deAquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Editores). “Reuso de água”. 1. ed. São Paulo: Editora Manole LTDA, 2003.

HESPANHOL, I. “Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos”. Revista de Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200009>. Acesso em: 01mai. 2018.

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L.D. B.; SILVA, M. C. C. da. “Manual de Conservação e Reuso de água na Indústria”. Rio de Janeiro: DIM, 2006. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2018.

LEGNER, C. Reúso de água e seus benefícios para a indústria e meio ambiente. “Revista TAE”, EdiçãoNº 12 - abril/maio de 2013 - Ano II. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/5790-noticias>. Acesso em: 08 mar. 2018.

MACHADO, L.P. “Reuso de esgotos sanitários tratados para fins de água de reposição em torres de resfriamento – sistemas semiabertos”. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.peamb.eng.uerj.br/producao.php?id=136>. Acesso em: 16 de abr. 2018.

MANCUSO, P. C. “Reuso de água para torres de resfriamento”. São Paulo: Biblioteca Virtual da Fsp Usp. 2001.

METCALF & EDDY. “Wastewater engineering – treatment, disposal and reuse”. 3.ed. Singapore: McGraw-Hill, Inc. International Edition, 1991.

MIRRE, R. C. “Metodologia para o gerenciamento sustentável do reúso de águas e efluentes industriaispor meio da Integração de Processos”. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://186.202.79.107/download/gerenciamento-sustentavel-do-reuso-de-aguas.pdf>. Acesso: 17 de mar. 2018.

MIERZWA, J. C; HESPANHOL, I. “Água na Indústria”: uso racional e reuso. São Paulo, SP: Oficinade Textos, 2005.

MORELLI, E. B. “Reuso de água na lavagem de veículos”. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnicada universidade de São Paulo, 2005. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-29072005-140604/pt-br.php>. Acesso: 17 de mar. 2018.

NASCIMENTO, J.F. “Avaliação de membranas de osmose inversa no tratamento de águas de purga detorres de refrigeração de indústria petrolífera com finalidade de reuso”. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004. Disponível em: <http://www.uff.br/posquim/frmprincipal/producoes/dissertacoes/jailtonascimento/jailtonascimento.pd f>. Acesso em: 24 de abr. 2018.

TELLES, D. A, COSTA, R. H. P. G. “Reuso da água”: conceitos, teorias e práticas. 1ª edição. São Paulo:Blücher, 2007.

TOMAZ, P. “Economia de água para empresas e residências”: um estudo atualizado sobre uso racionalda água, v. 2. São Paulo: Navegar Editora, 2002.

VIEIRA, F. C. “Viabilidade técnica e econômica do reaproveitamento de efluentes de torres deresfriamento”. Dissertação (Graduação) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federaldo Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/38411/000823845.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 abr. 2018.

WEBER, C. C.; CYBIS, L. F.; BEAL, L.L. Conservação da Água Aplicada a uma Industria de PapelãoOndulado. “Engenharia Sanitária Ambiental”. Porto Alegre, v. 15, n 3, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v15n3/v15n3a13>. Acesso em: 13 mar. 2018.

WHO. “Reuse of effluents”: methods of wastewater treatment and health safeguards. Report of a WHOMeeting of Experts. Geneva, World Health Organization (Technical Report Series No. 517), 1973.

ZEN, B.P. “Caracterização da purga da torre de resfriamento de uma indústria petroquímica e propostasde tratamento”. Dissertação (Graduação) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federaldo Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/108446/000946080.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CAPÍTULO 19

PROJETO CIAPS

Paulo Vitor Cardozo
Superior Incompleto
Instituição: Universidade Estadual de Maringá - UEM
Endereço: Rua Francisco Silvério de Oliveira n81. Jd. Paraíso 2, Mandaguaçu/PR
E-mail: vitor.cardozo91@gmail.com

Anamaria Malachini Miotto Farah
Doutora em Engenharia de Estruturas/EESC-USP
Instituição: Universidade Estadual de Maringá - UEM
Endereço: Rua Mem De Sá, 518, CEP: 87010-370 - Maringá, Paraná
E-mail: ammfarah@uem.br

Italo Guilherme Sgrignoli Madeira
Superior Incompleto
Instituição: Universidade Estadual de Maringá – UEM
Endereço: Rua Cerejeira n110. Parque das Palmeiras - Maringá, Paraná
E-mail: italogui97@gmail.com

Gabriela Sala Fantin
Superior Incompleto
Instituição: Universidade Estadual de Maringá - UEM
Endereço: Avenida XV de Novembro, 917, apartamento 71 - Maringá, Paraná
E-mail: gabrielasalaf@gmail.com

Andressa Gomes dos Santos Caetano
Superior Incompleto
Instituição: Universidade Estadual de Maringá - UEM
Endereço: Rua das Tipuanas, 69, Conj. Hab. Inocente Vila Nova Jr, Maringá, Paraná
E-mail: gscandressa@gmail.com

João Pedro Cardoso
Superior Incompleto
Instituição: Universidade Estadual de Maringá - UEM
Endereço: Rua Professor Giampeiro Monacci, 455, Jd. Novo Horizonte, Maringá/PR
E-mail: joaopcardoso123@gmail.com

Luann Felippe Lima Martins
Superior Incompleto
Instituição: Universidade Estadual de Maringá – UEM
Endereço: Rua California, 300, apartamento 31. Maringá, Paraná
E-mail: luann.martins.uem@gmail.com

RESUMO: No segundo semestre de 2019, realizou-se uma ação com o intuito de promover uma mostra de profissões e, ainda, expor a UNIVERSIDADE como um todo. O evento aconteceu no Centro Integrado de Ações Pedagógicas e Sociais (CIAPS, Sarandi - Paraná), sendo uma realização conjunta entre diversos cursos da UEM.

Cada curso levou uma atividade diferente para realizar com as crianças que frequentam a instituição. O curso de Engenharia Civil desenvolveu uma atividade conjunta entre o Programa de Educação Tutorial de Engenharia Civil (PET Civil), Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC) e Empresa Júnior de Engenharia Civil e Arquitetura & Urbanismo (EMPEC) nomeada de Construção Doçura, tornando a atividade um sucesso.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia civil, educação, extensão.

ABSTRACT: In the second semester of 2019, an action was carried out with the purpose of promoting a show of professions and also to expose UNIVERSITY as a whole. The event took place at the Centro Integrado de Ações Pedagógicas e Sociais (CIAPS, Sarandi - Paraná), being a joint accomplishment between several UEM courses. Each course took a different activity to carry out with the children who attend the institution. The Civil Engineering course developed a joint activity between the Tutorial Education Program of Civil Engineering (PET Civil), Academic Center of Civil Engineering (CAEC) and Junior Company of Civil Engineering and Architecture & Urbanism (EMPEC) named Sweet Construction, making the activity a success.

KEYWORDS: Civil engineering, education, extension.

1. INTRODUÇÃO

No dia 31 de julho de 2019, foi realizada uma ação multidisciplinar no Centro Integrado de Ações Pedagógicas e Sociais (CIAPS), localizado na cidade de –Sarandi (PR), que tem como função atender crianças e adolescentes de 6 a 15 anos que se encontram em situação de vulnerabilidade social, oferecendo oficinas e alimentação.

Conhecendo o público alvo do CIAPS, a missão passou a ser a busca pela maneira ideal de transmitir a real possibilidade de uma melhor perspectiva de vida e do ingresso em uma UNIVERSIDADE pública, além de noções do que são cada um dos cursos existentes e o que desenvolvem durante o período da graduação.

O projeto foi uma realização conjunta com os centros acadêmicos e PETs de Artes Visuais, Engenharia Civil, Física, Pedagogia e com o escritório modelo de Arquitetura e Urbanismo (SOMA - EMAU). A atividade foi realizada durante os períodos da manhã e tarde, durante o horário das oficinas promovidas pela instituição.

2. OBJETIVO

A ação teve como objetivo promover, de maneira prática e descontraída, uma perspectiva maior e melhor de futuro, levando até eles uma Mostra de Profissões, expondo o que é a UNIVERSIDADE pública, bem como as atividades que ela desenvolve. Assim, o desafio de cada um dos grupos seria desenvolver uma atividade simples, dinâmica e que pudesse transmitir noções do que se trata cada um dos cursos.

3. METODOLOGIA

Após a decisão de que a ação seria realmente desenvolvida, houve reuniões quinzenais com o objetivo de fazer os alinhamentos necessários para o prosseguimento da atividade. A partir disso, foi estabelecido que cada curso se organizasse para apurar o que iriam desenvolver. O curso de Engenharia Civil, por exemplo, uniu as três entidades: PET, Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC) e Empresa Júnior de Engenharia Civil e Arquitetura & Urbanismo (EMPEC) para a concepção do projeto. Diante do desafio de transmitir tanto conteúdo de forma indireta

e simples, notou-se a necessidade de reuniões entre essas três organizações para a criação do que seria realizado no dia 31/07. A figura 1 mostra uma das reuniões realizadas.

Figura 1: Reunião entre os cursos - Comissão Organizadora.



Fonte: SOMA EMAU.

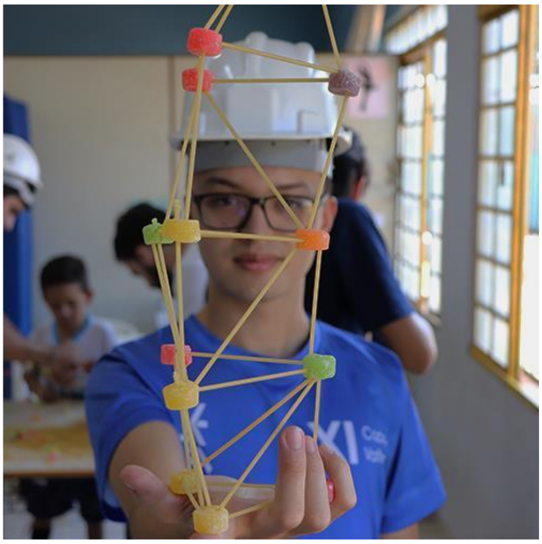
O fruto dessas reuniões foi nomeado de "Construção Doçura", uma prática simples e com muito conhecimento embutido. Apenas dois materiais eram necessários para colocar o projeto em prática: macarrão e balas de goma (jujuba), além de muita criatividade. A prática consistia em construir estruturas simples, utilizando o macarrão para fazer as vigas e pilares e as balas para fazer a ligação entre um macarrão e outro. Foi levado até o local alguns exemplos para que as crianças pudessem usar como modelo, como apresentado nas figuras 2 e 3.

Figura 2: Criança durante a atividade.



Fonte: Autor.

Figura 3: Voluntário.



Fonte: Autor.

Pelo motivo do evento ocorrer durante dois períodos (manhã e tarde), foi necessário fazer a divisão dos grupos para que os voluntários pudessem estar presentes nos dois momentos.

O evento ocorreu no segundo semestre de 2019, nas dependências do CIAPS, e dispunha de uma série de atividades que foram preparadas pelos grupos, cada uma com relação ao seu curso. Os alunos tiveram total liberdade de escolher em qual oficina gostariam de ir. Dispostos pelas salas para atender as crianças, os membros puderam tirar muitos sorrisos e compartilhar informações sobre cada um dos cursos e da UNIVERSIDADE como um todo, de maneira dinâmica e indireta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi notória a adesão dos alunos da escola e a integração com a UNIVERSIDADE, sendo o evento considerado um sucesso. Os membros das equipes ficaram diante de uma realidade muito distante, podendo se desenvolver de forma pessoal e como grupo. As dinâmicas propostas atenderam os objetivos com excelência, permitindo desenvolver o pilar Extensão da tríade dos grupos PET (Ensino, Extensão e Pesquisa). A figura 4 é uma foto das crianças durante a atividade ea figura mostra 5 alguns dos alunos que participaram da ação.

Figura 3: Crianças durante a atividade.



Fonte: Autor

Figura 4: Voluntários.



Fonte: Autor

5. CONCLUSÃO

O evento apresentou resultados satisfatórios. Foi possível promover a integração entre os alunos do CIAPS e os cursos da UEM. Os participantes saíram com muita bagagem, justamente porser uma iniciativa para incentivar crianças que se encontram em situação de extrema vulnerabilidade social e envolver a ideia de "aprender brincando".

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me sustentado e me capacitado até o presente momento. Em seguida, a família Cardozo e Ostrowski por ter me incentivado e me apoiado de diversas maneiras em tudo que faço, amo vocês. Aos meus amigos, por todo carinho e compreensão em momentos difíceis. Também, ao Programa de Educação Tutorial de Engenharia Civil (PET Civil) vinculado ao Ministério da Educação (MEC), à UNIVERSIDADE Estadual de Maringá (UEM), ao Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC) e à Empresa Júnior de Engenharia Civil e Arquitetura & Urbanismo (EMPEC), por terem aceito participar da atividade, ao Centro Integrado de Ações Pedagógicas e Sociais (CIAPS) por ter nos recebido e às crianças por terem compartilhado seu tempo e seus sorrisos.

REFERÊNCIAS

MARRI, Rafael. Estudantes do CIAPS recebem uniformes. Disponível em: http://www.sarandi.pr.gov.br/web/index.php/noticias/item/ciaps-organiza-festa-julina. Acesso em05 out. de 2019.

FURUKAWA, Marina Naomi; ALVES, Ana Luiza Silva; et al. Arq&Civil nas Escolas-Projeto Pescadores de Vida. Disponível em: https://proceedings.science/v-conpet/papers/arq-civil-nas- escolas--projeto-pescadores-de-vida-#download-paper. Acesso 03 de out. de 2019.

CAPÍTULO 20

DESAFIO DO TALUDE

Eluan Apolinário Pereira
Superior Incompleto
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: R. Professor Lauro Eduardo Werneck, 967, apt. 3, Maringá - PR
E-mail: ra107773@uem.br

Matheus Augusto Basso
Superior Incompleto
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: Rua Mandaguari, 477, apartamento 704
E-mail: m.augustobasso@gmail.com

Natália Melo Mendez
Superior Incompleto
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: Rua Professor Carlos Weiss, 25, apartamento 602ª
E-mail: natommendez@gmail.com

Sarah Carolyne Munhoz Pereira Ishii
Superior Incompleto
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: Rua Osvaldo Cruz, 452, apartamento 401
E-mail: sarah.cishii@gmail.com

Vinicius Gabriel Parolin de Souza
Superior Incompleto
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: R. Júlio Mesquita, 946-A, Jardim América
E-mail: viniciusgparolin@gmail.com

Vitor Hugo Vieira Brandolim
Superior Incompleto
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: Rua Marechal Deodoro, 530, zona 7, Apto. 61
E-mail: ra105045@uem.br

Anamaria Malachini Miotto Farah
Doutora em Engenharia de Estruturas
Instituição: UEM - Universidade Estadual de Maringá
Endereço: Rua Mem De Sá, 518. CEP: 87010-370.
E-mail: ammfarah@uem.br

RESUMO: No começo do ano letivo de 2019, com a entrada de novos calouros, viu-se a necessidade de oferecer a eles a oportunidade de se ter um maior contato com o curso e com as instituições que cercam o Departamento de Engenharia Civil (DEC). Com isso, realizou-se uma nova edição do Desafio do Talude, o qual consiste na

simulação da construção de um talude, durante a 1º edição da Semana de Iniciação Acadêmica, realizada pelo Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC). Por ser uma obra de terra com conceitos pouco conhecidos para aqueles que recém chegaram ao curso, a atividade propôs aguçar a curiosidade dos calouros sobre essa área que a Engenharia Civil abrange, de modo que eles pudessem sair dali conhecendo um pouco mais sobre o assunto.

PALAVRAS-CHAVE: Talude, calouros, solo, engenharia civil.

ABSTRACT: At the beginning of the 2019 school year, with the entry of new freshmen, we saw the need to offerthem the opportunity to have greater contact with the course and the institutions surrounding the Department of Civil Engineering (DEC). With this, a new edition of the Slope Challenge was carriedout, which consists in the simulation of the construction of a slope, during the 1st edition of the Academic Initiation Week, carried out by the Academic Center of Civil Engineering (CAEC). As itis an earthwork with little known concepts for those who have just arrived to the course, the activity proposed to sharpen the freshmen's curiosity about this area that Civil Engineering covers, so that they could leave there knowing a little more about the subject.

KEYWORDS: Slope, fledglings, soil, civil engineering.

1. INTRODUÇÃO

Tem-se observado no curso de Engenharia Civil da UEM uma quantidade significativa de alunos que abandonam o curso. Com o intuito de diminuir a evasão e promover a integração entre acadêmicos e agremiações, o PET Engenharia Civil realizou junto ao Centro Acadêmico de Engenharia Civil, o Desafio do Talude com os calouros de Engenharia Civil de 2019. A atividade ocorreu no dia 14 de março de 2019 durante a 1º edição da Semana de Iniciação Acadêmica. O desafio foi baseado em suas edições anteriores, que foram realizadas no II CONPET e na XIV Semana Acadêmica de Engenharia Civil.

De acordo com Filho e Virgili (1998), os taludes são definidos como superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, podendo apresentar modificações devido atuação humana, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, etc.

Uma aplicação comum dessas estruturas no cotidiano são os Taludes rodoviários, os quais são encostas nas margens de estradas que foram realizadas por intervenção antrópica. Eles podem ser classificados como taludes de corte - resultantes de algum processo de escavação, ou de aterro - construídos a partir de vários materiais, como argila, silte, areia, cascalho e rejeitos de mineração (CUNHA *et al.*, 1991).

O desafio consistiu em simular a construção de um talude, utilizando os materiais disponibilizados e os critérios previamente estipulados, bem como o teste de resistência dos mesmos após o tempo oferecido para a construção dos taludes.

2. OBJETIVO

O desafio do Talude teve como objetivo principal possibilitar a integração dos calouros comas instituições do curso de Engenharia Civil da UEM, bem como trazer de modo sistemático, práticoe divertido um pouco do conhecimento sobre o que é um talude e como este se comporta.

3. METODOLOGIA

Ainda dentro do auditório do Bloco C67 da UEM, foram divididos os grupos e passadas algumas informações sobre o que é um talude e como eles poderiam construir um com os materiais que seriam disponibilizados.

Para a construção dos taludes, cada grupo utilizou 1 caixa retangular de madeira e acrílico, 5 anteparos de madeira, 20 kg de areia seca (Figura 1), 20 tiras de jornal cortadas para serem utilizadas como grelhas e 1 pá. Cada grupo teve 30 minutos para construir seu talude, o qual poderiaser feito do modo que acharem conveniente, não podendo apenas ultrapassar a altura da caixa de madeira. Todo o material fornecido deveria ser utilizado durante os 30 minutos estipulados pela comissão organizadora. Nas Figuras 2 e 3 são apresentadas fotos tiradas durante a realização da atividade.

Figura 1: Preparação dos materiais.



Fonte: Autor.

Após o término dos 30 minutos, foi realizado o rompimento dos taludes. Para isso, foi disposto, primeiramente, acima da última camada de areia, na direção normal ao plano, uma chapa metálica para que fosse possível apoiar um suporte onde seriam colocados os pesos para a contagemdos pontos. Cada peso era colocado por um representante do grupo, enquanto um membro da comissão organizadora, por

questões de segurança, segurava o suporte. Assim, foi estipulado um intervalo de tempo de 30 segundos entre o encaixe de um peso e outro. As equipes que tivessem taludes que não aguentassem o peso da chapa metálica junto ao suporte, eram desclassificadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi notória a dedicação dos calouros durante o desafio, pois do começo ao fim eles se viram desafiados a ganhar a competição, e assim foi cumprido o objetivo inicial, visto que eles se divertiram durante a realização da atividade ao mesmo tempo em que estavam tendo contato com uma área da engenharia pouco conhecida para aqueles que estão no início do curso.

Figura 2: Calouros Montando o Talude.



Fonte: Autor.

Figura 3: Talude feito pelos alunos.



Fonte: Autor.

5. CONCLUSÕES

Pode-se considerar a atividade positiva. Os objetivos iniciais foram alcançados, já que os calouros conheceram mais sobre o conceito de um talude de modo prático e divertido, bem como estiveram mais próximos das instituições envolvidas, o que é excelente para eles que chegaram recentemente ao curso.

Figura 4: Rompimento do Talude.



Fonte: Autor.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Educação Tutorial (PET), vinculado ao Ministério da Educação (MEC). À Universidade Estadual de Maringá (UEM), ao Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC), à coordenação do curso e aos professores do Laboratório de Materiais de Construção por terem colaborado com a realização da atividade, ao Departamento de Engenharia Civil (DEC) por ter disponibilizado o local da atividade, e aos integrantes da turma de 2019 do curso de Engenharia Civil da UEM por terem demonstrado interesse e participado do evento.

REFERÊNCIAS

FILHO, Oswaldo Augusto; VIRGILI, José Carlos. Estabilidade de Taludes. In: OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos; BRITO, Sérgio Nertan Alves de. Geologia de engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

CUNHA, M. A., FARAH, F., CERRI, L. E. S., GOMES, L. A., GALVÊS, M. L., BITAR, O. Y., FILHO, O. A., SILVA, W. S. Ocupação de encostas . São Paulo: IPT. 216p. 1991.

CAPÍTULO 21

A SITUAÇÃO DA FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA: UMA POLÍTICA PÚBLICA PARA O SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

Gisele Maria Ribeiro Vieira
Doutora em Engenharia Mecânica
Depto. de Engenharia Mecânica
CEFET/RJ
Endereço: Rua Gen. Canabarro, 485, Maracana, Rio de Janeiro, 20.271-204, Brasil
E-mail: gisele.vieira@cefet-rj.br

Stella Maris Pires Domingues
Doutora em Engenharia Mecânica
Depto. de Engenharia Mecânica
Universidade Federal Fluminense-UFF
Endereço: Rua Passo da Pátria, 156, Bloco D, Niterói, 24.210-240, Brasil
E-mail: stelladomingues@id.uff.br

Ronney Arismel Mancebo Boloy
Doutor em Engenharia Mecânica
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas
CEFET/RJ
Endereço: Rua Gen. Canabarro, 485 – Maracanã, Rio de Janeiro, 20.271-204, Brasil
E-mail: ronney.boloy@cefet-rj.br

Nival Nunes Almeida
Doutor em Engenharia Elétrica
Programa de Pós-graduação em Estudos Marítimos
Escola de Guerra Naval da Marinha do Brasil-EGN
Endereço: Av. Pasteur, nº480 – Urca, Rio de Janeiro, 22.290-255, Brasil
E-mail: nivalnunes@yahoo.com.br

RESUMO: O poder público tem procurando promover o uso racional de energia em diversos setores e formulado políticas nacionais para aumentar a geração de energia por meio de fontes renováveis e evitar o risco de uma escassez de energia. A formação de profissionais que possam contribuir neste processo torna-se imprescindível. Diante disso, este trabalho apresenta uma análise da situação atual dos cursos de graduação em engenharia de energia. Essa temática tem sido foco de debates na academia e no sistema profissional, uma vez que o curso representa uma habilitação recente tanto para a avaliação educacional quanto para a atribuição profissional. Além disso, essa área de formação técnico-científica é iminentemente transdisciplinar e o setor de energia vem demandando um crescente número de profissionais habilitados a pesquisar, desenvolver e atuar em empreendimentos e serviços de engenharia. Assim sendo, foram encontrados diversos tipos de cursos com características específicas que tornam o processo avaliativo, pelo sistema educacional, peculiar, bem como o sistema profissional tem dificuldades na questão de atribuição profissional.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de energia, energias renováveis, políticas públicas.

ABSTRACT: Public authorities have sought to promote the rational use of energy in various sectors and have formulated national policies to increase energy generation through renewable sources and avoid the risk of an energy shortage. The training of professionals who can contribute to this process becomes essential. Therefore, this work presents an analysis of the current situation of the undergraduate courses in energy engineering. This topic has been the focus of debates in academia and the professional system, since the course represents a recent qualification for both educational assessment and professional assignment. In addition, this area of technical-scientific education is imminently transdisciplinary and the energy sector has been demanding a growing number of professionals qualified to research, develop and act in engineering ventures and services. Therefore, several types of courses with specific characteristics have been found that make the evaluation process, by the educational system, peculiar, as well as the professional system has difficulties in the matter of professional assignment.

KEYWORDS: Energy engineering, renewable energies, public policies.

1. INTRODUÇÃO

Há pelo menos duas décadas, o Brasil possui programas de energia reconhecidos internacionalmente: o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica –PROCEL, o Programa Nacional de Racionalização de uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural –CONPET e o Programa Brasileiro de Etiquetagem –PBE [1]. No entanto, o principal marco legal na área de eficiência energética no Brasil veio com a lei nº10.295/2001, que estabeleceu que o Poder Executivo ficaria responsável por desenvolver mecanismos que promovessem a eficiência energética de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados e das edificações construídas no país [2]. Esta lei lançou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e foi regulamentada pelo Decreto nº4.059/2001 [3]. A Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica –ANEEL nº482/2012, atualizada pela nº 687/2015, também foi um importante marco regulatório na área de energias renováveis e de eficiência energética [4;5]. Esta resolução permitiu a instalação de microgeração e minigeração de energia elétrica, principalmente de fontes renováveis, junto ao próprio ponto de consumo de energia e criou o sistema de compensação de energia elétrica. Apesarda Resolução nº482 derrubar grandes barreiras no que tange à geração própria de energia, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores (como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros) em sua unidade consumidora e troque energia com a distribuidora local, visando reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica, não foi o suficiente para promover a adoção deste sistema de geração na iniciativa privada. Com a publicação da Resolução nº 687 da ANEEL, que ampliou as possibilidades de geração de energia fotovoltaica e facilitou o processo de conexão destes sistemas à rede de energia das concessionárias, foi que a geração distribuída ganhou força em todo o país. Entre os planos nacionais mais relevantes para apoiar o planejamento e execução de medidas de conservação de energia estão o Plano Nacional de Energia 2030 –PNE 2030 e o Plano Nacional de Eficiência Energética –PNEf [1]. No PNE 2030 é apresentado o potencial de aplicação de medidas de eficiência energética no país, para diferentes cenários macroeconômicos. O PNEf descreve ações diversas que podem ser desenvolvidas para aumentar a conservação de energia nos setores industrial, transportes, edificações, iluminação pública, saneamento, educação, entre outros.

Segundo o relatório “*Transformação Energética Global*: Um Roteiro para *2050”*

da Agência Internacional de Energia Renovável –IRENA, as energias renováveis irão compor 85 % da matriz energética global até 2050 [6]. Portanto, será preciso aumentar em pelo menos seis vezes a agilidade na adoção das fontes limpas para reduzir as emissões de carbono. Este crescimento virá com destaque para geração solar e eólica. O estudo também concluiu que 30 % a mais de investimentos em energia limpa e eficiência energética até 2050 podem criar mais de 19 milhões de empregos na área. Este número superaria as perdas no segmento de combustíveis fósseis, que teriam 7,4 milhões de vagas suprimidas com a transformação. Desta forma, haveria um saldo positivo de 11,6 milhões de novos empregos em energia renovável, eficiência energética e melhoria da rede e flexibilidade energética. A evolução de vagas de emprego, no período de 2012-2018, relacionadas à energia renovável por tecnologia pode ser observada na Fig. 1, extraída do relatório anual de 2019 da IRENA sobre energia renovável e empregos [7]. Foram consideradas a energia solar fotovoltaica, bioenergia, energia eólica, aquecimento e refrigeração por energia térmica solar, energia hidrelétrica e outras tecnologias. Em bioenergia estão incluidos os combustíveis líquidos, biomassa sólida e biogás. Outras tecnologias compreendem energia geotérmica, energia solar térmica concentrada, bombas de calor geotérmicas, resíduos urbanos e industriais e energia dos oceanos.

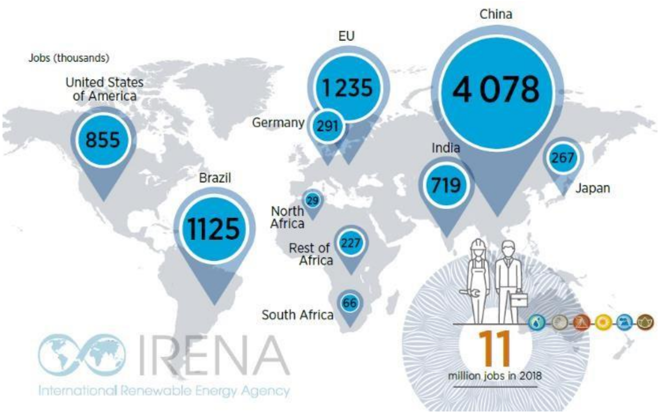
Fig. 1. Evolução das vagas de emprego na área de energias renováveis por tecnologia.



Fonte: IRENA, 2019 [7].

A Fig. 2 mostra que, em 2018, a maior parte dos empregos se concentrava na China, União Europeia, Brasil, Estados Unidos e India.

Fig. 2. Vagas de emprego, em 2018, na área de energias renováveis, por países selecionados.



Fonte: IRENA, 2019 [7].

O relatório da IRENA destaca o Brasil como o mais importante empregador mundial na área de biocombustíveis (etanol e biodiesel), em 2018, com 832.000 empregos nesta área. O país também tem atuação significativa nas áreas de aquecimento solar de água com 41.000 empregos, de energia solar fotovoltaica com 15.600 empregos e de energia eólica com 24.000 empregos [7].

A necessidade de mão-de-obra qualificada para atuar nesse novo mercado, torna-se cada vez mais evidente. Para contribuir na formação desses profissionais e auxiliar na garantia dos benefícios que estas novas tecnologias podem trazer para a sociedade e para o país, o Ministério da Educação–MEC, por meio da Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica–SETEC, lançou o Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética – ENERGIF, em parceria com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, denominado Profissionais para Energias do Futuro [8]. Essa parceria, datada de 2016, tem o objetivo de ajudar a estruturar as bases da educação profissional na Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnologica (Rede Federal) de EPCT nas áreas de energias renováveis e eficiência energética. Noano seguinte, a SETEC fechou parceria com o Núcleo de P&D para Excelência e Transformação do Setor Público (NEXT), do Departamento de Administração da Universidade de Brasília. O EnergIF conta hoje com cinco linhas de ação para fomentar o tema na Rede Federal: infraestrutura; formação profissional; pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) e empreendedorismo; gestão de energia; e engajamento e difusão. Na linha de ação formação profissional, foram criados itinerários formativos nas áreas de Energia Solar,

Energia Eólica, Biogás e Eficiência Energética para atendimento das demandas de profissionais para o setor, possibilitando a formação de especialistas nas respectivas áreas. Para atuar nesse novo mercado, complementando esse quadro, veio a demanda por profissionais de nível superior, com novas habilidades e conhecimentos. Nesse sentido, foi criado um curso de engenharia de energia. Embora este primeiro curso tenha sido criado em 2003, pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS, com o título de Engenharia de Energias e Desenvolvimento Sustentável, somente em 2016, por meio da Resolução nº1076/2016, o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia-CONFEA tornou oficial as atribuições do engenheiro de energia [9].

2. FORMAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

2.1 DISTRIBUIÇÃO DOS CURSOS

Atualmente, segundo a plataforma e-MEC, onde todos os cursos superiores do país estão cadastrados, há 35 cursos superiores em engenharia de energia/engenharia de energias renováveis. Conforme ilustrado na Tabela I, destes 35 cursos, 21 são ofertados por instituições de educação superior públicas, sendo 14 ofertados por instituições privadas.

Tabela 1. Cursos de eng. de energia por tipo de instituição.

Cursos de Engenharia de Energia			
Região	**Instituição Pública**	**Instituição Privada**	**Total**
	UF (Nº de Cursos)		**-**
Nordeste	AL (1); PE(1); RN(2); BA(2); CE(2); PB(1)	BA(1)	10
Sudeste	MG(1); SP(3)	MG(2);SP(5)	11
Sul	RS(3); SC(1); PR(2)	RS(2);PR(4)	12
Centro-Oeste	DF(1); MS(1)	-	2
Norte	-	-	-
Total:	21	14	**35**

Fonte: Tabela elaborada pelos autores com dados da Plataforma e-MEC.

A Tabela II mostra como estes cursos estão distribuídos com relação a organização acadêmica. Observa-se que 23 cursos são ofertados por Universidades, 2 por Faculdades, 3 por Institutos Federais e 2 por Centros Universitários.

Tabela 2. Cursos de eng. de energia por org. acadêmica.

Cursos de Engenharia de Energia			
Universidades	**Faculdades**	**Institutos Federais**	**Centros Universitários**
23	2	3	7
Total:	**35**		

Fonte: Tabela elaborada pelos autores com dados da Plataforma e-MEC.

A Tabela III apresenta a distribuição dos cursos de engenharia de energia por Região, Estado, Unidade da Federação –UF, e Instituição. Há 10 cursos no nordeste, 11 no sudeste, 12 no sul e 2 no centro-oeste. Vale notar que não há cursos de engenharia de energia ainda na região norte. A tabela também indica os conceitos de curso (CC) obtidos nas avaliações realizadas por avaliadores do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira–INEP/MEC. Tais especialistas fazem parte do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior –BASis.

Tabela 3. Cursos de eng. de energia por estado e instituição.

Cursos de Engenharia de Energia



UF	Nº	Instituições	CC
Região Nordeste: 10			
AL	1	UFAL	4
BA	3	IFBA; UNIJORGE; UFRB	- - -
CE	2	UNILAB; UFC	5 3
MA	-	-	-
PB	1	UFPB	3
PE	1	UFPE	4
PI	-	-	-
RN	2	UFERSA; IFRN	4 -

SE	-	-	-		
Região Sudeste: 11					
ES	-	-	-		
MG	3	PUC-Minas; UNIFEI; UNIFIPMoc	5	4	4
RJ	-	-	-		
SP	8	UNESP; FMU; CUFSA;	-	-	-
		FARO; UFABC;UNITAU;	4	4	-
		UNISALESIANO; IFSP	-	-	
Região Sul: 12					
PR	6	UNILA; UP; UNIAMÉRICA;	4	-	-
		UNIAMÉRICA; SENAI; UFPR	-	4	5
RS	5	UNISINOS; UNISINOS;UFRGS;	4	-	4
		UERGS; UNIPAMPA	-	4	
SC	1	UFSC	4		
Região Centro-Oeste: 2					
MS	1	UFGD	5		
DF	1	UNB	4		
GO	-	-	-		
MT	-	-	-		
Região Norte: -					
-	-	-	-		
Total:		**35**			

Fonte: Tabela elaborada pelos autores com dados da Plataforma e-MEC.

Dos 35 cursos existentes, 9 ainda não haviam iniciado suas atividades em 2019/1. São eles: IFBA(1); UNIJORGE(1); UFRB(1); FARO(1), UNISALESIANO(1), UNIAMÉRICA(2); SENAI(1); UNISINOS(1). Há dois cursos a distância, um ofertado na UNIAMÉRICA e outro na UNISINOS, sendo os 33 restantes ofertados de forma presencial.

2.2 ATRIBUIÇÕES DE UM ENGENHEIRO DE ENERGIA

O Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, com a Resolução nº 1.076, de 5 de julhode 2016, incluiu o profissional engenheiro de energia na Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea e definiu suas atribuições por meio dos seguintes artigos:

> Art. 1º Discriminar as atividades e competências profissionais do engenheiro de energia e inserir o respectivo título na Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional.

> Art. 2º Compete ao engenheiro de energia o desempenho das atividades 1 a 18 do art. 5º, §1º, da Resolução nº 1.073, de 19 de abril de 2016, referentes a geração e conversão de energia, equipamentos, dispositivos e componentes para geração e conversão de energia, gestão em recursos energéticos, eficiência energética e desenvolvimento e aplicação de tecnologias relativas aos processos de transformação, de conversão e de armazenamento de energia.
> Art. 3º O engenheiro de energia poderá atuar também no desempenho das atividades 1 a 18 do art. 5º, §1º, da Resolução nº 1.073, de 2016, referentes a transmissão, distribuição, conservação e armazenamento de energia, em função estritamente do enfoque e do projeto pedagógico do curso, a critério da câmara especializada.
> Art. 4º As competências do engenheiro de energia são concedidas por esta resolução sem prejuízo dos direitos e prerrogativas conferidos ao engenheiro, ao engenheiro agrônomo, ao geólogo ou engenheiro geólogo, ao geógrafo e ao meteorologista por meio de leis ou normativos específicos.
> Art. 5º As atividades e competências profissionais serão concedidas em conformidade coma formação acadêmica do egresso, possibilitadas outras que sejam acrescidas na forma disposta em resolução específica.
> Art. 6º O engenheiro de energia integrará o grupo ou categoria Engenharia, modalidade Eletricista.
> Parágrafo único. O respectivo título profissional será inserido na Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea conforme disposto no *caput* deste artigo e da seguinte forma:
> I - título masculino: Engenheiro de Energia;
> II - título feminino: Engenheira de Energia; e
> III - título abreviado: Eng. Energ.

As atividades 1 a 18 do art. 5º, §1º, da Resolução nº 1.073, de 2016, são [10]:

> Atividade 01 – Gestão, supervisão, coordenação, orientação técnica.
> Atividade 02 – Coleta de dados, estudo, planejamento, anteprojeto, projeto, detalhamento, dimensionamento e especificação.
> Atividade 03 – Estudo de viabilidade técnico-econômica e ambiental.
> Atividade 04 – Assistência, assessoria, consultoria.
> Atividade 05 – Direção de obra ou serviço técnico.
> Atividade 06 – Vistoria, perícia, inspeção, avaliação, monitoramento, laudo, parecertécnico, auditoria, arbitragem.
> Atividade 07 – Desempenho de cargo ou função técnica.
> Atividade 08 – Treinamento, ensino, pesquisa, desenvolvimento, análise, experimentação,ensaio, divulgação técnica, extensão.
> Atividade 09 – Elaboração de orçamento.
> Atividade 10 – Padronização, mensuração, controle de qualidade.Atividade 11 – Execução de obra ou serviço técnico.
> Atividade 12 – Fiscalização de obra ou serviço técnico.Atividade 13 – Produção técnica e especializada.
> Atividade 14 – Condução de serviço técnico.
> Atividade 15 – Condução de equipe de produção, fabricação, instalação, montagem, operação, reforma, restauração, reparo ou manutenção.
> Atividade 16 – Execução de produção, fabricação, instalação, montagem, operação,reforma, restauração, reparo ou manutenção.
> Atividade 17 – Operação, manutenção de equipamento ou instalação.
> Atividade 18 – Execução de desenho técnico.

Assim sendo, o engenheiro de energia é um profissional com formação multidisciplinar que atua no planejamento, análise e desenvolvimento de sistemas de

geração, transporte, transmissão, distribuição, armazenamento e utilização de energia. É o profissional que lida com todas as formas de energia que compõem a matriz energética brasileira – seja ela renovável, como hídrica, solar, eólica ou de biomassa, seja não renovável, obtida de petróleo, carvão, gás natural ou material radioativo, propondo soluções com baixo impacto ambiental, de modo interdisciplinar.

3. AS NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES

As novas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia foram homologadas pelo Ministro da Educação e publicadas por meio da Resolução CNE/CES nº2,de 24/4/2019 [11]. O texto aprovado contempla grande parte das sugestões encaminhadas pela Confederação Nacional da Indústria –CNI, pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia–ABENGE e pela comunidade acadêmica. Os cursos de engenharia já existentes têm o prazo de trêsanos para sua implementação das novas normas. As novas DCNs têm como finalidade ajustar a estrutura dos cursos de graduação para formar engenheiros capazes de enfrentar os desafios presentes na manufatura avançada, conhecida como indústria 4.0 [12]. As principais diferenças para o documento anterior, Resolução CNE/CES nº11, de 11/03/2002, estão relacionadas a formação baseada por competências, ao foco na prática, a aprendizagem ativa e a maior flexibilidade na construção do currículo [13].

Com relação a flexibilidade no currículo, deve-se observar que, com as novas DCNs, não há mais obrigatoriedade de seguir uma carga horária mínima para os conteúdos básicos profissionais e específicos. Cada curso poderá adotar a porcentagem que achar mais adequada. Em se tratando da aprendizagem ativa, esta vem com a ideia de promover uma educação mais centrada o aluno e a autonomia do mesmo. No que tange à parte prática, passam a ser obrigatórias as atividades de laboratório tanto para as competências gerais quanto às específicas. Neste contexto, podem ser usados também laboratórios virtuais, além dos físicos. A formação baseada em conteúdos foi alterada para formação por competências, devendo o conhecimento ser oferecido de forma contextualizada e sempre procurando problemas e situações reais de sua aplicação. As DCNs de Engenharia preveem ainda sistemas de acolhimento e nivelamento estudantil. Tais medidas podemser realizadas por meio de cursos extracurriculares, acompanhamento psicopedagógico ou de adaptações de metodologias ao perfil do aluno.

De forma geral, pode-se dizer que muitos cursos já estavam preparados para formar esse profissional adequado as novas realidades de mercado, com seus currículos dinâmicos, atrativos, práticos, flexíveis, com práticas inovadoras e focados em inovação. No entanto, para aqueles cursos mais engessados e com aprendizagem centrada no professor, ainda há um longo caminho a percorrer. Ademais, é uma oportunidade para que os cursos de engenharia de energia, recentemente reconhecidos pelo Sistema Confea/Crea, possam desenvolver projetos pedagógicos que promovam o uso racional de recursos energéticos no país e o aumento da geração de energia por fontes renováveis, visando a preservação do meio ambiente e a melhoria da qualidade de vida.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de energias renováveis junto com o de eficiência energética está em alto crescimento em todo o mundo. Com isso, acontece a geração de empregos específicos na área de energia e a necessidade de profissionais capazes de atuar nesse novo mercado. Os países com maior número de empregos relacionados a energias renováveis em 2018 foram China, membros da União Europeia, Brasil, Estados Unidos e Índia. O aumento crescente da participação de fontes renováveis de geração de energia na matriz energética do Brasil torna imprescindível o incentivo à criação de novos cursos nessa área, tal como o de engenharia de energia, para formar profissionais com novas habilidades e conhecimentos multidisciplinares capazes de enfrentar os desafios econômicos, sociais e tecnológicos, presentes e futuros, em especial na Indústria 4.0, de acordo com as novas diretrizes curriculares do curso de engenharia, em comunhão com as outras habilitações.

REFERÊNCIAS

[1] Altoé, L. *et al.* "Políticas públicas de incentivo à eficiência energética", *Estud. av.* [online], vol.31, n.89, pp.285-297, 2017.

[2] BRASIL. Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília: *Diário Oficial da União*,2001.

[3] BRASIL. Decreto 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei n.10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia,e dá outras providências. Brasília: *Diário Oficial da União*, 2001.

[4] ANEEL. Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais parao acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: *Diário Oficial daUnião*, 2012.

[5] ANEEL. Resolução Normativa 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa482, de 17 de abril de 2012. Brasília: *Diário Oficial da União*, 2015.

[6] IRENA – International Renewable Energy Angency. Global Energy Transformation: A roadmapto 2050. Disponível em: http://aprobio.com.br/novosite/wpcontent/uploads/2018/04/Relatorio_Irena_2018_190418.pdf . Acesso em: 27/07/2019.

[7] IRENA – International Renewable Energy Angency. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2019. Disponível em: https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_RE_Jobs_2019-report.pdf. Acesso em: 27/07/2019.

[8] BRASIL. Profissionais para Energias do Futuro: Uma Parceria Próspera. Disponível em:http://www.energif.org/materiais/RevistaProfissionais.pdf. Acesso em: 27/07/2019.

[9] CONFEA -Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Resolução 1076, de 5 de julho de 2016. Discrimina as atividades e competências profissionais do engenheiro de energia e insere o título na Tabela de Títulos Profissionais do Sistema Confea/Crea, para efeito de fiscalização do exercício profissional. Brasília: 2016.

[10] CONFEA -Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Resolução 1073, de 19 de abril de 2016. Regulamenta a atribuição de títulos, atividades, competências e campos de atuação profissionais aos profissionais registrados no Sistema Confea/Crea para efeito de fiscalização do exercício profissional no âmbito da Engenharia e da Agronomia. Brasília: 2016.

[11] BRASIL. Resolução CNE/CES nº2, de 24/4/2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionaisdo Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: *Diário Oficial da União*, 2019.

[12] Arbix, G. *et al*. "**O Brasil e a Nova Onda de Manufatura Avançada:** O que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos", *Novos estud. CEBRAP* [online], vol.36, n.3, 29-49, 2017.

[13] BRASIL. Resolução CNE/CES nº11, de 11/03/2002. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Brasília: *Diário Oficial da União*, 2002. (Revogada pela Resolução CNE/CES nº2, de 24/4/2019).

CAPÍTULO 22

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UMA ANÁLISE TÉCNICA NECESSÁRIA NUM PRÉDIO UNIVERSITÁRIO DE MANAUS

Daniel Guzmán del Río
Doutor em Ciências Técnicas, pela Universidade Tecnológica da Havana
Escola Superior de Tecnologia-Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Bairro Chapada – Manaus/AM, CEP: 69050-020
E-mail:drio@uea.edu.br

Dhiorge Uziel Melo Lopes
Graduação em Engenharia Elétrica, pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Inventus Power Eletrônica Do Brasil LTDA - Abinee
Endereço: Av. Burití, 4285, Distrito Industrial - Manaus, Amazonas, CEP: 69075-000.
E-mail: dhiorge.eng@gmail.com

Daniel Sousa da Silva
Graduação em Engenharia Elétrica, pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Mestrando - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)/ Pesquisador - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Pesquisa e Desenvolvimento do Brasil (Inesc P&D Brasil)
Endereço: Rua Delfino Conti, s/n, Bairro Trindade, Florianópolis/SC, CEP: 88040900
E-mail: dass.eng@uea.edu.br

Israel GondresTorné
Doutor em Engenharia Elétrica, pela Universidade de Camaguey
Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Bairro Chapada – Manaus/AM, CEP: 69050-020
E-mail: itorne@uea.edu.br

Edry Antonio Garcia Cisneros
Doutor em Ciências Técnicas, pela Universidade de Holguín
Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas
Endereço: Av. Darcy Vargas, 1200, Bairro Chapada – Manaus/ AM, CEP: 69050-020
E-mail: edry1961cu@gmail.com

RESUMO: No presente trabalho aos autores apresentam uma análise da eficiência energética numa unidade universitária de Manaus, através da análise tarifária e levantamento de cargas. O objetivo é demonstrar que é viável fazer uma análise da eficiência energética de prédios ou edificações através da aplicação de uma metodologia que utiliza as ferramentas computacionais disponíveis e uma análise de viabilidade técnico e econômica. Isto permite aumentar os conhecimentos teóricos e práticos para determinar os problemas das perdas de energia e fornecer aos gestores, administrativos e pessoal técnico o conhecimento da eficiência energética do prédio, para assim minimizar as perdas económicas e mitigar os impactos ao meio ambiente Amazônico.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética, tarifas energia, prédios, meio ambiente Amazônico.

ABSTRACT: In the presente work the authors present a practical analysis of energy efficiency in a small universityun it in Manaus, through tarifan alysis and lifting of fundamental loads. The objective is to demonstrate that it is feasible to make ananalysis of the energy efficiency of buildings through the application of a methodology that uses the available computational tools and a technical and economic feasibility analisis. This allow stoin crease the theoretical and practical knowledge to determine the problems of energy losses and provide managers, administrative and technical personnel with the know ledge of the energy efficiency of the building, in orderto minimize economic losses and mitigate the impacts on the Amazon environment.

KEYWORDS: Energy efficiency, energy tariffs, buildings, Amazonian environment.

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade os estudos de eficiência energética das instituições e indústrias tem-se tornado habitual, por questões de economia de energia e pela proteção ao meio ambiente. Tem-se alguns autores que ao fazer análises de trabalhos realizados neste campo afirmam que: “[...] há um número considerável e crescente de trabalhos acadêmicos, estudos e relatórios por diferentes organizações e instituições que analisam os efeitos das políticas de eficiência energética”. (LABANDEIRA *et al.,* 2020). Também Jurgita *et al.* (2020), afirma que:

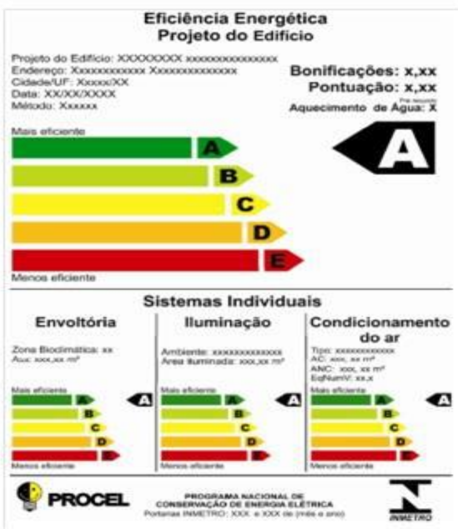
> [...] a "eficiência energética em primeiro lugar" é um dos princípios fundamentais da União Energética, principalmente por ser a forma mais econômica de reduzir as emissões, melhorar a segurança energética, aumentar a competitividade e tornar o consumo de energia mais acessível para todos os consumidores.

No momento este parâmetro, definido segundo Aldo Componentes Eletrônicos (2018),como que a eficiência energética “[...] compreende a forma com que um serviço ou atividade é desempenhado utilizando a menor quantidade de energia possível; o que também reduz o impacto ao meio ambiente”, resulta necessário que este integrado a economia das instituições e industrias, o que foi analisado por Xuanhao *et al*. (2021), destacando que:“[...] no entanto, essa integração, ainda representa um enorme desafio para os tomadores de decisão, devido à falta de conhecimento sobre a ligação entre eficiência energética e produtividade”.

Segundo o LADE (2021) “[...] o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45 % do consumo faturado no país”. Reduzir o uso de energia predial em 30 % ou mais é possível usando tecnologias e práticas disponíveis hoje. No ano 2003 foi instituído o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações-PROCEL EDIFICA, que atua de forma conjunta várias entidades governamentais, universidades, centros de pesquisa e entidades das áreas tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil. (PROCELINFO, 2020). Com a criação do PROCEL EDIFICA, “[...] as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente”. (LADE, 2021). As categorias básicas desse programa são: envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água. (CATÁLOGO SELO PROCEL, 2008).

Quando uma edificação é aprovada em uma auditoria de eficiência energética ela recebe a etiqueta mostrada na Figura 1.

Figura 1 – Etiqueta para Edificação.



Fonte: PROCEL.

Nos análise da eficiência energética é importante o fator climático dos raions onde fica situados os prédios ou indústrias, no trabalho de Mazza ferro (2020), destaca-se: “[...] a importância da construção de dados de desempenho para melhorar a qualidade dos zoneamentos climáticos para a construção de regulações de eficiência energética.” Neste contexto, tem-se estabelecidos nos diferentes estados políticas públicas, como por exemplo a do Estado do Amazonas; SEDECTI (2021), a nova lei argumenta que:

> [...] o Amazonas conta agora com diretrizes estratégicas para políticas públicas que trarão incentivos e incrementos para a implementação de novas modalidades de geração de energia elétrica mais sustentáveis. É que o Governo do Amazonas sancionou a Lei No. 5.350 de 22 de Dezembro de 2020 que diz respeito à Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento de Fontes Renováveis de Energia e Eficiência Energética para o Estado.

Neste sentido aos autores apresentam neste artigo uma análise prática da eficiência energética numa unidade universitária de Manaus, através da análise tarifária e levantamento de cargas fundamentalmente, propondo a solução dos problemas encontrados através da análise de viabilidade técnico e econômica.

O objetivo é demonstrar que é viável fazer uma análise da eficiência energética de prédios ou edificações através da aplicação de uma metodologia científica técnico-económica, utilizando as ferramentas informáticas disponíveis, o que

vai permitir aumentar os conhecimentos teóricos e práticos, para determinar os problemas das perdas de energia e fornecer aos gestores, administrativos e pessoal técnico o conhecimento da eficiência energética do prédio, para assim minimizar as perdas económicas e mitigar os impactos ao meio ambiente Amazônico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Guzmán et al (em publicação), uma proposta de aspectos técnicos da metodologia a seguir, para avaliação da eficiência energética em prédios e indústrias, se mostram a seguir na Figura 2.

Figura 2 – Proposta técnica de metodologia a seguir para avaliação da eficiência energética em prédios e indústrias.



Fonte: Autores.

Esta metodologia apresenta-se com hierarquias de processos técnicos a serem executado em sequencias, seja no setor residencial, comercial ou industrial referentes à análise das tarifas de energia elétrica, levantamento da carga instalada através de quadros previamente elaboradas, que permitem obter todos os dados técnicos dos equipamentos e levantamento de cargas, exemplo no Quadro1.

Quadro 1. Exemplo de uma Quadro a utilizar para o levantamento de cargas.

Capacidade de refrigeração (BTU/h)	Qtde	Potência nominal(W)	Tipo	Fabricante ou Modelo	Classificação PROCEL
12.000	1	1088	Split	Nome	A
18.000	20	1611	Janela	Nome	A

Fonte: Autores.

Outra forma de coleta de dados, referentes ao consumo de energia em tempo real, pode ser feito a partir da alocação de instrumentos de medição tipo analisadores de redes, como pode ser visto na Figura 3, permitindo o traçado de dependências e características dos diferentes parâmetros para a análise energética do sistema. Ao colocar estes instrumentos é necessário a presença de carga elétricas diárias produto da exploração do prédio, o que se tem dificultado muito nestes tempos pela presencia da pandemia, de ali que a análise feito neste trabalho fundamentara-se no levantamento de carga e tarifas antes da pandemia.

Figura 3 - Instrumentos de medição tipo analisadores de redes utilizado para a obtenção dos parâmetros elétricos.



Fonte: Autores.

O local escolhido para a realização do estudo, antes da pandemia, foi a parte interna do prédio de uma unidade de pequeno porte de um centro universitário de Manaus, onde estão as salas de aula, laboratórios, salas administrativas, corredores e banheiros. Na parte externa foi analisado somente o consumo das lâmpadas situadas nas praças da instituição.

Esta escola é uma instituição de nível superior que oferece os mais diversos cursos em diferentes áreas, o prédio funciona de segunda a sexta das 7:30 h às 22:10 h e aos sábados das 7:00h às 17:00h, e está localizada em Manaus – AM.

A metodologia aplicada, neste estudo técnico e de viabilidade técnica e econômica para aumento da eficiência energética, pode ser realizado em qualquer edificação, desde que seja obedecida a proposta técnica de metodologia para avaliação da eficiência energética, (GUZMÁN *et al.,* em publicação), e que se tenham outros fatores como, a escolha do objeto de estudo (prédio ou edificação onde se

realizará a pesquisa) com facilidade de acesso aos locais e no recolhimento das informações. Além disso, existe outro fator importante a ter em conta nas análises, que é a consideração do rigoroso clima Amazônico e as regulações que se tem para a proteção do meio ambiente.

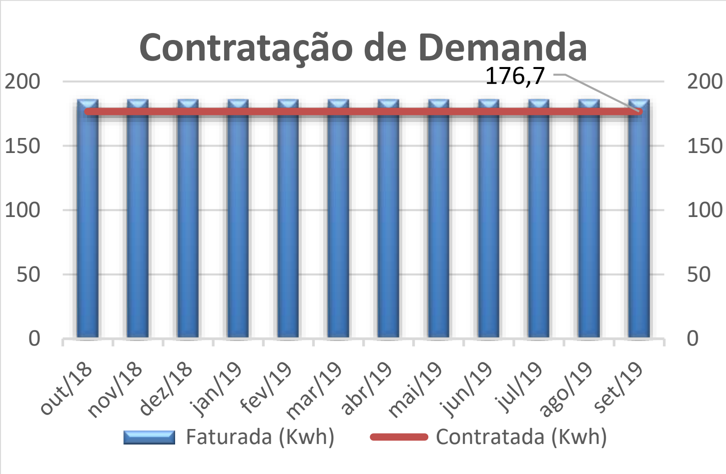
2.1 ANÁLISE TARIFÁRIA DO PREDIO

O próximo passo do projeto foi a realização da análise tarifária do local, para o estudo utilizou-se as faturas de energia elétrica de um período de 12 meses. Segundo, Mamede (2002), é importante o conhecimento do modelo tarifário para a análise que envolvem compensação de energia reativa.

A seguir então se realiza a análise de demanda das faturas de energia elétrica, para determinar se atualmente a demanda contratada está atendendo de maneira adequada as necessidades do prédio. Este prédio está enquadrado no perfil de tarifa convencional, entretanto, estão presentes valores de consumo na ponta e fora de ponta assim como seus respectivos valores em reais, ou seja, se trata de uma tarifa horo-sazonal verde que não é penalizada por ultrapassagem. A partir da caraterização e enquadramento conclui-se então que o prédio está na modalidade tarifária horo-sazonal verde. Dessa forma, o objetivo passa a ser estabelecer um valor de demanda a ser contratada quando houver a convocação pela concessionária para rever o contrato.

Um ponto muito importante para essa análise foi levar em consideração a mudança nos valores das tarifas atualizados no mês de outubro de 2018, com validade até setembro de 2019. Com isso, a análise considera o primeiro semestre de consumo como base. Desde 2018 o valor de demanda faturada se repete em 186kWh, de acordo com a Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010, é estabelecido que para todas as unidades consumidoras o limite de tolerância para ultrapassagem passa a ser de 5 %”. (ANEEL, 2010). Considerando que o valor de demanda faturada se mantenha constante, como tem acontecido no último semestre, se tem um contexto confortável para projetar a demanda contratada em 5 % abaixo do valor que se repete, a partir dessa análise foi elaborado o gráfico da Figura 4.

Figura 4 - Gráfico de valores faturados de demanda.



Fonte: Autores.

Da Figura 4, observa-se que o melhor valor para contratação de demanda é de 176,7 kWh. Os valores praticados pela Amazonas Energia para cobrança de demanda são os determinados pela Resolução 2.478 da ANEEL, (2018), vide Quadro 2, que diz que: “[...] o valor do kW de demanda, para o subgrupo A4 na modalidade tarifária horo-sazonal verde, é de R$ 16,60, enquanto a horo-sazonal azul cobra R$ 34,43 na ponta e 16,60 fora de ponta”. Na maioria dos dias da semana o prédio possui atividades que consomem quantia relativamente alta de energia durante o horário de ponta (19h às 21h), para entender qual seria a melhor contratação de modalidade tarifária o próximo passo é fazer os cálculos, simulando a partir do mês de outubro de 2018 até março de 2019 sendo cobrados por horo-sazonal azul.

Quadro 2 - Valores faturados de demanda para dois modalidades tarifarias.

Modalidade Tarifária	Faturado	Ponta	Fora de Ponta
Horo – sazonal AZUL	Consumo (kW/h)	R$0,59	R$0,41
	Demanda (kW)	R$34,43	R$16,60
Horo – sazonal VERDE	Consumo (kW/h)	R$1,42	R$0,41
	Demanda (kW)	R$16,60	

Fonte: Resolução ANEEL 2.478, 2018.

A partir dos valores das contas sobre a tarifa horo-sazonal verde, é necessário entender se essa modalidade é a melhor forma de compra, para isso, através da equação da fatura por tarifas é feito o cálculo para estimar o valor a ser pago se a

contratação estivesse em tarifa horo-sazonal azul. Dessa forma, o Quadro3, mostra os valores finais calculados cada mês do semestre base, considerando a soma dos valores adicionais como energia reativa e multas, juros e correção monetária.

Quadro 3 - Planilha de valores para análise de tarifa.

Mês	**Consumo Fora de Ponta (kWh)**	**Consumo de Ponta (kWh)**	**Demanda Fora de Ponta (kWh)**	**Demanda de Ponta (kWh)**	**Valor Horosazonal VERDE (R$)**	**Valor Horosazonal AZUL (R$)**
Out/18	46.440	3.960	176	136	23544,9	28980,88
Nov/18	33.804	3.420	159	133	18716,04	23096,03
Dez/18	22.680	2.160	126	86	12366	15625,78
Jan/19	25.200	1.800	142	69	12888	16126,87
Fev/19	28.080	2.520	156	104	15091,2	19169,92
Mar/19	33.840	3.600	166	137	18986,4	23470,91
TOTAL					101592,54	126470,39

Fonte: Autores.

Aqui é possível observar a leve diferença entre os dois tipos de tarifação, sendo a horo-sazonal verde a mais adequada, com uma diferença de R$ 24.877,85 entre os dois modelos em um semestre.

2.2 LEVANTAMENTO DA CARGA INSTALADA NO PRÉDIO

A primeira etapa do projeto foi o levantamento da carga instalada no prédio com foco nos segmentos de climatização e iluminação, sendo esse levantamento realizado nos meses de setembro e outubro de 2019. Para o segmento de climatização foi verificado o tipo de equipamento (Split ou Janela), o fabricante, a classe do aparelho, caso haja o selo PROCEL de classificação, Figura 5 (direita), a capacidade de refrigeração em BTU/h, quantidade de aparelhos, potência nominal, e a quantidade de horas de utilização por semana nos horários de ponta e fora de ponta.

Figura 5 – Placa de especificação e Selo PROCEL do ar-condicionado.



Fonte: Autores.

Nesse estudo os valores utilizados são os valores de potência nominais dos equipamentos especificados pelos fabricantes em placa, vide Figura 5 (esquerda), que se encontram próximos os valores reais de potência de trabalho diário.

Vale considerar que o prédio tem um horário de funcionamento estabelecido, utilizou-se o tempo de uso dos equipamentos em horas por semana, devido às salas de aula e os laboratórios funcionarem em horários e quantidade de hora diferente em cada dia da semana. Essas horas foram determinadas através da planilha de distribuição de salas disponibilizada pelo setor de qualidade da Instituição e através de entrevistas aos usuários e administradores do prédio.

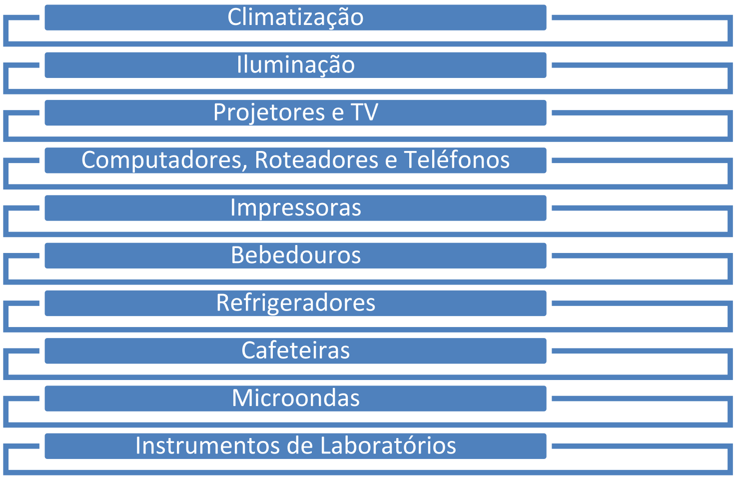
Para registrar os dados obtidos durante o levantamento de carga, foi necessária à utilização de Quadros elaboradas de acordo com as características elétricas do prédio, como foi relatado Quadro 1, enquanto os dados coletados através das medições foram transformados em gráficos, para melhor visualização.

A partir dos dados de potência dos equipamentos ou de valores padrões especificados em manuais dividiu-se a carga em 10 grupos como se mostra na Figura 6.

2.2.1 Sistemas de iluminação e de climatização do prédio

Para a obtenção dos dados foi verificado em cada local do prédio, para o segmento de iluminação, os tipos de lâmpadas utilizados no sistema, o tipo de reator para lâmpadas fluorescentes tubulares, quantidade de cada lâmpada e reator, a potência nominal (Figura 7) e as horas de utilização por semana nos horários de ponta e fora de ponta.

Figura 6 - Distribuição por grupos ou segmentos das cargas instaladas.



Fonte: Autores.

Figura 7 - Especificações de Lâmpada LED Tubular.



Fonte: Autores.

Ao analisar os sistemas de iluminação e de climatização do prédio, a partir dos dados obtidos no levantamento de carga, estabeleceu-se a situação atual do sistema de iluminação conforme mostrado no Quadro 4.

Pode-se considerar que atualmente 99,5 % do sistema de iluminação interna da instituição é composto por lâmpadas LED tubulares, isso representa um consumo de 6.048,00 kWh/mês e na fatura de energia um custo de R$ 2.755,10, essas lâmpadas comparadas com as tubulares fluorescentes mostram-se 25 % mais eficientes. Como o sistema de iluminação é praticamente todo coberto por lâmpadas de LED, não se tem proposta de alteração no tipo das lâmpadas, Figura 8.

Na análise das condições de iluminância que cada ambiente oferece, se faz necessário conhecer se as salas estão recebendo a quantidade correta de iluminância, para isso foram feitas medições com um luxímetro.

A norma NBR ISO/CIE 8995-1 da ABNT determina que cada ambiente tem um nível de iluminação a ser adequado para a realização de determinada tarefa e determina os critérios para realizar a medição de iluminância. (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DE PARANÁ, 2016).

Quadro 4 - Panorama atual do sistema de Iluminação.

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Potência Total (W)
Lâmpadas LED Tubular no Interior do Prédio			
Lâmpada tubular LED T8 (PHILIPS)			
(OBRAM) – 40W	52	40	2060
(OBRAM) – 36W	12	36	432
Lâmpada tubular LED T8 (CTB)			
(CTB) – 20W	70	20	1400
(CTB) – 18W	16	18	288
Lâmpada tubular LED T8 (EMPALUX)			
(EPALUX) – 20W	54	20	1080
Lâmpada tubular LED T8 (TASHIBRA)			
(TASHIBRA) – 36W	22	36	792
Lâmpada de Vapor de Sódio- Exterior do Prédio			
Vapor de Sódio LL13T E-40 – 150W	16	150	2400

Fonte: Autores.

Figura 8 – Medição de Iluminância de luminária isolada em sala de aula.



Fonte: Autores.

As medições foram realizadas em três alturas diferentes, a 0,69 metro do chão, que é a altura da mesa da carteira utilizada no laboratório, a 1,70 metro do chão, que

é a altura média dos olhos de um usuário do local, e a 1 metro de distância da lâmpada. Esse processo foi realizado em várias salas do prédio, entre essas, três exemplos encontram-se destacados no Quadro 5.

A partir da norma NBR ISO/CIE 8995-1 do ano 2013, publicada pela Universidade Tecnológica Federal de Paraná (2016), são estabelecidos os valores de iluminâncias médias para "iluminação de ambientes de trabalho", são selecionados os valores de iluminâncias por classe de tarefas visuais; para tanto, determinam-se a partir da norma os três fatores que melhor atendem o ambiente de trabalho em questão para classificar o uso adequado de iluminância.

Quadro 5 - Valores de Iluminância medidos.

Local	Altura da medição (m)	Iluminância (lux)
Sala da Coordenação de Matemática	0,69 do chão	297
	1,70 do chão	613
	1,00 da luminária	904
Sala de Aula 07	0,69 do chão	96
	1,70 do chão	209
	1,00 da luminária	396
Laboratório de Biologia	0,69 do chão	138
	1,70 do chão	392
	1,00 da luminária	569

Fonte: Autores.

Tem-se então 300 lux como valor recomendado de iluminância para a maior parte dos ambientes, de acordo a norma os valores das medições não devem ser menores que 70 % do tabelado, ou seja 210 lux. Verificou-se, através norma, que os valores de iluminância das lâmpadas LED estão de acordo com o estabelecido em todas as salas medidas, porém as lâmpadas de vapor de Sódio encontradas estão na praça interna da Instituição.

Uma característica inteligente do prédio é a utilização de iluminação natural, Figura 9, no corredor e escadas de acesso entre os pavimentos.

Figura 9 - Imagem interna do prédio da unidade universitária mostra o aproveitamento da luz natural.



Fonte: Autores.

Com os dados do levantamento de cargas também foi possível estabelecer a situação atual do sistema de climatização da Instituição. O Quadro 6, apresenta de forma resumida o panorama atual do sistema de climatização do prédio.

Quadro 6 - Panorama Atual Resumido do Sistema de Climatização.

Capacidade de refrigeração (BTU/h)	Ar tipo Split (Qtd)
22000	6
30000	12
48000	19
60000	1

Fonte: Autores.

Observou-se que o sistema de climatização possui 38 ar-condicionado do tipo split. O sistema possui 50% composto por aparelhos de 48.000 BTU/h, 19 aparelhos splits, desses 10 possuem o selo da PROCEL de eficiência, classificação A. Esses 9 aparelhos que não possuem selo PROCEL de eficiência energética representam um consumo de 37.296,00 kWh/mês e na fatura de energia R$ 16.989,81; a proposta para aumentar a eficiência energética desse sistema é a substituição desses 9 aparelhos de 48.000 BTU/h por aparelhos mais eficientes como os de classes A.

2.2.2 Energia reativa e fator de potência

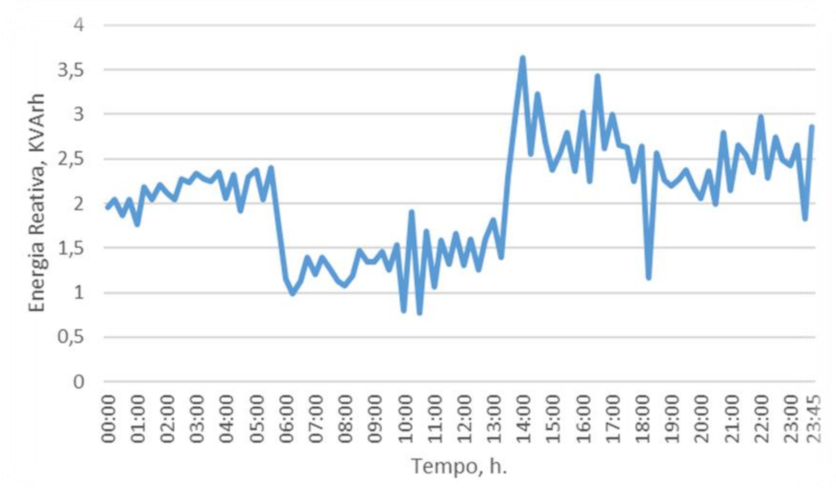
As analises também são feitas sobre os gastos com consumo de reativo da fatura de energia elétrica, pois influencia diretamente a um parâmetro importante da eficiência energética, o fator de potência “fp”; a correção de fator de potência é uma

das medidas de custo mais baixas para redução de despesa; na análise das faturas e das medições feitas, foi observada cobrança de reativo em todos os meses, justificado como observa-se na Figura 10, pelas mudanças diárias da energia reativa, sendo maior no período de trabalho durante o dia, influenciado pelo constante trabalhos dos ar condicionados para garantir conforto nas salas, questão acrescentada pelo clima Amazônico.

Na Figura 11, podem-se observar as mudanças do fator de potência, que se encontra em um 66,6% do tempo total fora da norma estabelecida pela Resolução Normativa No 569, de 23 de julho de 2013, (ANEEL, 2013) “[...] Art. 95. O fator de potência de referência “fR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras do grupo A, o valor de 0,92”.

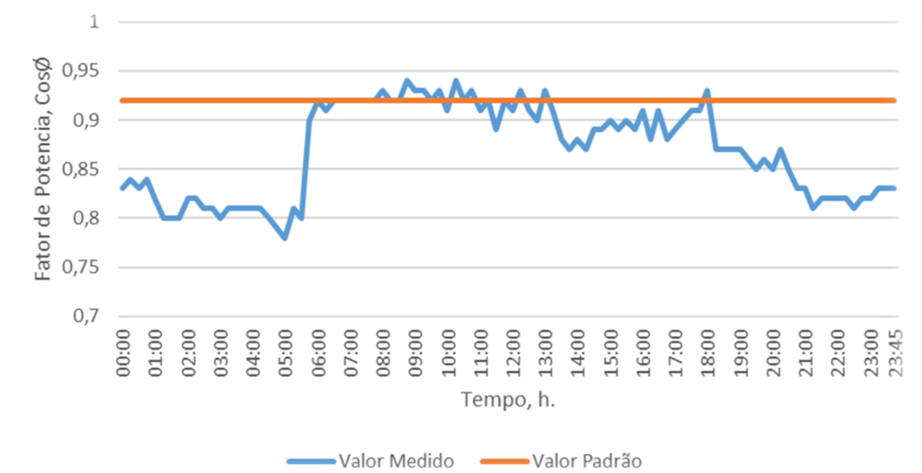
Este resultado provoca aos gestores e pessoal técnico que atende o prédio solicitar como necessário o dimensionamento de um banco de capacitores para compensar a energia reativa, pelo que se mostra uma oportunidade relevante para ser desenvolvida e assim reduzir as perdas do sistema e as penalizações na fatura de energia elétrica, mas para isto é necessário ter algumas precauções, como as referidas no trabalho de Fragoas (2018).

Figura 10 – Mudanças da Energia reativa(kVArh) num dia padrão de trabalho do prédio.



Fonte: Autores.

Figura 11 - Comparação do Fator de Potência durante um dia de trabalho do prédio com o valor padrão de 0,92 estabelecido.

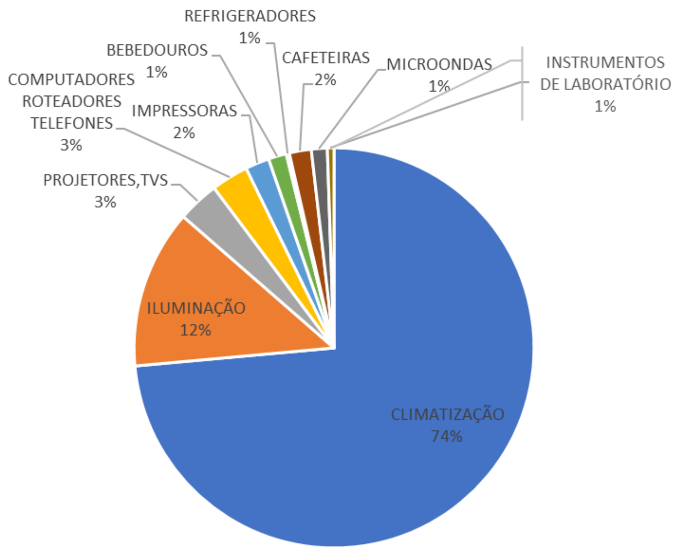


Fonte: Autores.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O levantamento de carga instalada realizado permitiu determinar a potência instalada de cada grupo ou segmento do sistema, segundo a classificação estabelecida na Figura 6, o que tornou possível calcular quanto cada segmento con somem de energia elétrica por mês, dessa forma estabeleceu-se o panorama atual de cada um e determinou-se, conforme o gráfico da Figura 12, a parcela que representa na fatura de energia elétrica do mês base utilizada no estudo.

Figura 12 - Distribuição das cargas instaladas.

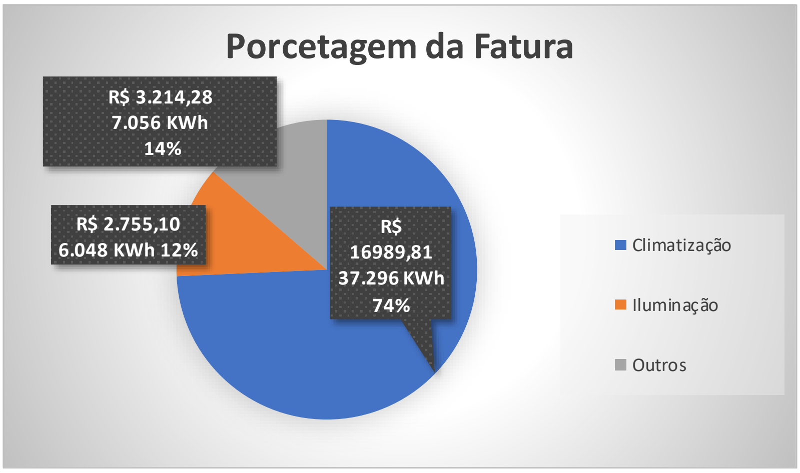


Fonte: Autores.

Da análise do gráfico da Figura 12, pode-se resumir, como se mostra na Figura 13, que a parcela média de consumo de energia de cada segmento calculado para um mês base, ressaltou que o maior consumo energético do prédio está no segmento de climatização (74 %), outros equipamentos (14 %) e iluminação (12 %).

Conforme pode ser visto no gráfico da Figura 13, para a maior parcela da composição tarifária, o setor de climatização, esse valor representa um consumo de 37.296 kWh/mês, que equivale na fatura ao valor de R$ 16,989,81, a segunda maior parcela são os outros segmentos formado pelos equipamentos mostrados na Figura 6, que representa o consumo de 7.056 kWh/mês, que equivalente na fatura a R$ 3.214,28 e a menor parcela é o setor de iluminação que representa um consumo de 6.048 kWh/mês e equivale a R$ 2.755,10 na fatura de energia elétrica.

Figura 13 – Parcela média de consumo de energia de cada segmento calculado para um mês base.



Fonte: Autores.

A partir desse panorama foi possível analisar as dificuldades de cada segmento e apresentar propostas para redução com consumo de energia elétrica sem a necessidade de se desligar qualquer aparelho do sistema elétrico.

Apesar de a análise das faturas de energia elétrica não ter representado diminuição do consumo de energia elétrica, mostrou a situação atual de demanda contratada, diante desse contexto foi identificado a necessidade de fazer a análise de demanda.

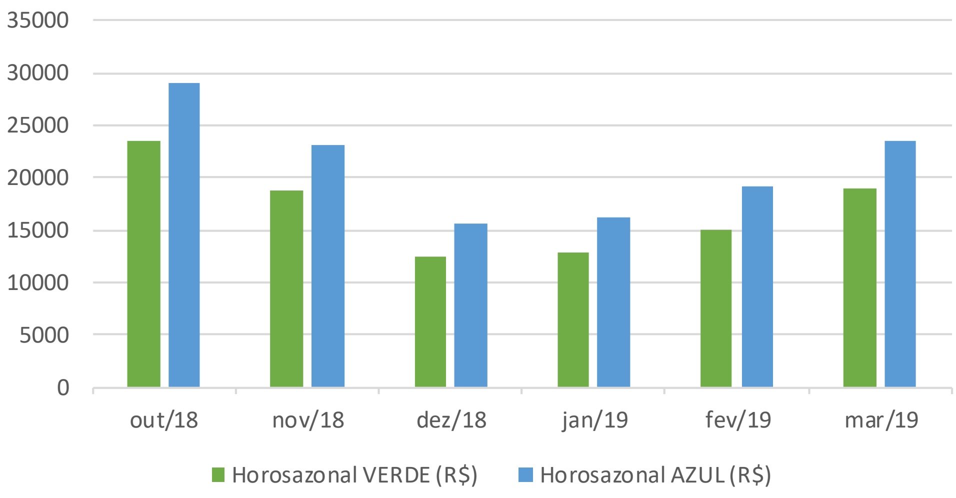
Observou-se, através do histórico de consumo e medições feitas no transformador, que em todos os meses o prédio foi penalizado por consumo excedente de energia reativa, o que representa um custo anual que pode ser economizado através de um projeto de banco de capacitores para regular o fator de

potência instalado em paralelo com a carga, com as sugestões propostas por Aniceto (2016) e Montenegro (2012).

Na análise de possível troca da modalidade tarifária, a simulação de faturamento do semestre compreendido entre os meses de outubro de 2018 e março de 2019, mostrou que se esse semestre fosse faturado na modalidade horosazonal azul o valor das tarifas somaria R$ 126.470,39 contra R$ 101.592,54 do valor faturado na modalidade horosazonal verde; a partir desses valores de tarifa simulados para o semestre pode-se concluir que a tarifa horosazonal verde deve ser mantida, pois gera um menor gasto.

O gráfico da Figura 14, apresentam o resultado obtido das tarifas nas duas modalidades tarifárias para a condição atual.

Figura 14 – Gráfico de custo semestral das duas modalidades tarifarias.



Fonte: Autores.

Para o gráfico da Figura 14, o valor da conta de energia na modalidade horosazonal azul é maior em todos os meses, sendo R$ 24.877,85 mais caro que a modalidade horosazonal verde.

Em se tratando de iluminação temos um prédio coberto por lâmpadas LED, que se comparadas a outros modelos possuem em média 25 % mais eficiência, nesse contexto o critério da análise foi que o grau de luminosidade nos ambientes está com o grau de iluminância estabelecidos em norma, e com isso descartam-se a necessidade de fazer alteração nos modelos de lâmpadas instaladas no interior do prédio.

Relacionado ao consumo noturno, o valor médio consumido no intervalo entre às 20:00h e 8:00h é de 8.653 kWh, desconsiderando dias atípicos, com isso temos um consumo mensal de 1.455 kWh, que se traduz em aproximadamente R$ 1.972,87 por mês na fatura de energia elétrica e R$ 23.366,28 no ano.

3.1 ANALISE ATRAVÉS DE MÉTODOS ECONÔMICOS A TOMADA DE DECISÃO DE INVESTIMENTOS PARA O SEGMENTO DE CLIMATIZAÇÃO

A partir de obter do analise do consumo de energia de cada segmento calculado para um mês base, que o segmento de climatização é o maior consumidor do prédio demostra-se que a substituição dos aparelhos de ar condicionado indicados no estudo, os nove (9) aparelhos de 48.000 BTU/h que não tem selos de eficiência energética, irá trazer uma redução no consumo de energia de 6.277,02 kWh por mês e uma economia na tarifa de energia de R$ 2.260,14; para tanto foram feitos os cálculos através dos principais métodos econômicos de tomada de decisão de investimentos, (PRATES, 2016) e (CAMARGO, 2017),para a proposta apresentada no segmento de ar condicionados, vide Quadro 7.

Quadro 7 - Cálculo Econômico para Climatização.

Parâmetros Econômicos	**Valores (R$)**
Valor faturado com consumo de energia por ano para um dos velhos aparelhos a substituir. (R$4.738,45/mês).	56.861,40
Valor faturado com consumo de energia por ano para um dos novos aparelhos propostos. (R$ 2.478,31/mês).	27.121,68
Valor unitário de cada aparelho novo, com instalação.	6.074,00
Investimento inicial.	54.666,00
Valor de depreciação.	4.555,5
Fluxo de caixa, *FCi (Imposto de renda 27 %)*	21.031,1766
VPL com TD de 14 % conforme valor Quadro SELIC.	−19.528,95
Outros dados	
Vida útil do novo aparelho (segundo seu manual), anos.	12 anos.
TRC ($TempodeRetornodecapital$)	25 $meses$

Fonte: Autores.

Com os dados obtidos no levantamento de carga instalada, foi possível projetar o quanto os aparelhos de ar-condicionados indicados para a troca consomem por mês com energia elétrica e o valor faturado com esse consumo.

Nos cálculos para o segmento de climatização a VPL deu negativa, indicando que não é atrativo realizar o investimento, mas a TRC (*payback*) o valor calculado foi menor que a vida útil do aparelho o que segundo esse indicativo seria atrativo o investimento. Como os indicativos mostraram resultados diferentes para a tomada de decisão, um assunto a discutir pelos gestores do prédio, o investimento não é atrativo, pois segundo a VPL não se paga durante os anos de vida útil dos equipamentos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada neste estudo pode ser aplicada em qualquer edificação para avaliação da eficiência energética onde é importante a ter em conta fatores como a escolha do objeto de estudo, as mudanças do clima local e as regulações que se tem para a proteção do meio ambiente.

No levantamento de carga no prédio selecionado, se demostrou que o sistema de iluminação é praticamente todo coberto por lâmpadas de LED que garantem a iluminância necessária para cada tipo de ambiente, pelo que não se tem proposta de alteração no tipo das lâmpadas. Resultou interessante o aproveitamento da luz natural e poder avaliar alguns parâmetros que afetam a qualidade da energia.

Foram registrados altos valores de energia reativa durante o dia, vinculada fundamentalmente ao sistema de climatização, o que representa uma perda que pode ser economizada através do projeto de um projeto de banco de capacitores para regular o fator de potência e assim reduzir as penalizações na fatura de energia elétrica.

Os indicativos económicos mostraram resultados diferentes para a tomada de decisão sobre a substituição de alguns aparelhos de climatização, demostrando que o investimento não é atrativo. Tudo isto permitiu aumentar os conhecimentos teóricos e práticos, para determinar os problemas da eficiência energética, e fornecer aos gestores, administrativos e pessoal técnico o conhecimento energético do prédio, para assim minimizar as perdas económicas e mitigar os impactos ao meio ambiente Amazônico.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao GPA-UEA, Escola Normal Superior, Escola Superior de Tecnologia e a agência de fomento FAPEAM.

REFERÊNCIAS

MAMEDE, J. F. **Instalações Elétricas Industriais.** 6ª Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. 2002.

FRAGOAS, A. G. Estudo de caso do uso de banco de capacitores em uma rede de distribuição primaria – indicativos de viabilidade económica. *Curso de Engenharia Elétrica*. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2008.

MONTENEGRO, F. **Correção do fator de potência**. São Paulo. 2012.

ANICETO, D. M. **Importância da correção do fator de potência nas instalações elétricas industriais.** Goiânia, 2016.

PROCEL EDIFICA-Eficiência Energética nas Edificações. **Procelinfo.** Disponível: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: 22 de mai. de 2021.

SEDECTI. Secretaria do Estado de Desenvolvimento, Econômico, Tecnologia e Inovação. **O Amazonas passa a contar com Lei Estadual de Incentivo às Fontes Renováveis de Energia e Eficiência Energética**. 2021. Disponível em: http://www.amazonas.am.gov.br/2021/01/amazonas-passa-a-contar-com-lei-estadual-de-incentivo-as-fontes-renovaveis-de-energia-e-eficiencia-energetica. Acesso em: 27 de mai. de 2021.

LABANDEIRA, X.; LABEAGA, J. M.; LINARES, P.; LÓPEZ-OTERO, X. *The impactsof energy efficiency policies: Meta-analysis. Energy Policy, v. 147, 111790.* 2020. Disponivel em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421520305115?via%3Dihub>. Acesso em: 29 maio de 2021.

JURGITA M. K.; HUSSAM J. B.; EGILEGORC F. AL-M.; LUJEAN A.; MATEVZ, P. *Energy efficiency in the industrial sector in the EU, Slovenia, and Spain***.** Energy. Volume 208, 118398.2020. Disponivel em:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054422031505X>. Acesso em: 29 maio 2021.

ALDO COMPONENTES ELETRÔNICOS. (2018). O que é eficiência energética e como ela influencia o setor de TI? Aldo. blog. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/o-que-e-eficiencia-energetica-e-como-ela-influencia-o-setor-de-ti/>. Acesso em: abril 2021.

XUANHAO, W.; HUAJUN, C.; BERNARD, H.; ERHENG C.; HONGCHENG L. *Energy value mapping: A novel lean method to integrate energy efficiency into production management*. Energy Volume 217, 119353. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220324609>. Acesso em: 29 maio de 2021.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DE PARANÁ-UTFP. **NBR/ISO 8995-Iluminação em ambientes de trabalho**. 2016. Disponível em: <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-Quadros-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf/view>. Acesso em: 30 de maio 2021.

GUZMÁN, R. D.; SOUSA, S. D.; GONDRÉS, T. I.; SAMMYNE G. F. I.; DOS SANTOS, P. A. (Artigo não publicado). *Pesquisa sobre eficiência energética: Um estudo de desenho teórico-*

metodológico para prédios e indústrias da Amazônia. Universidade do Estado do Amazonas. Manaus. 2021.

PROCEL- PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Catálogo Selo PROCEL**.2008. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/CatalogoSeloProcel2008/artigo.html?cod=artigo>. Acesso em: 24 out. 2018.

LADE. Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações. (2021). FAENG- UFMS. **O que é o PROCEL EDIFICA?** Disponível em: <https://lade.ufms.br/oi/duvidas/o-que-e-um-procel-edifica/>. Acesso em: 3 de junho 2021.

MAZZAFERRO, L.; MACHADO, R. M. S.; MELO A. P.; LAMBERTS, R. Do we need building performance data to propose a climaticzoning for buildingenergyefficiencyregulations?**.** *Energy and Buildings.* Elsevier. Volume 225, 110303. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa No 569, de 23 de julho de 2013**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013569.pdf>. Acesso em: 03 junho 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>. Acesso em: 03 de junho de 2021.

PRATES, W. R. **Qual a diferença entre payback simples e descontado?** 04/05/2016. Disponível em: <http://www.wrprates.com/qual-e-a-diferenca-entre-payback-simples-e-descontado/>. Acesso em 04/06/2021.

CAMARGO, R. **Veja como o valor presente líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**. 26/01/2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl>. Acesso em 04/06/2021.

SOBRE O ORGANIZADOR

Edilson Antonio Catapan: Doutor e Mestre em Engenharia da Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2005 e 2001), Especialista em Gestão de Concessionárias de Energia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (1997), Especialista em Engenharia Econômica pela Faculdade de Administração e Economia - FAE (1987) e Graduado em Administração pela Universidade Positivo (1984). Foi Executivo de Finanças por 33 anos (1980 a 2013) da Companhia Paranaense de Energia - COPEL/PR. Atuou como Coordenador do Curso de Administração da Faculdade da Indústria da Federação das Indústrias do Paraná - FIEP e Coordenador de Cursos de Pós-Graduação da FIEP. Foi Professor da UTFPR (CEFET/PR) de 1986 a 1998 e da PUCPR entre 1999 a 2008. Membro do Conselho Editorial da Revista Espaço e Energia, avaliador de Artigos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP e do Congresso Nacional de Excelência em Gestão - CNEG. Também atua como Editor Chefe das seguintes Revistas Acadêmicas: Brazilian Journal of Development, Brazilian Applied Science Review e Brazilian Journal of Health Review.

Agência Brasileira ISBN
ISBN: 978-65-86230-78-9.